[英] 理查德·道金斯 著
王德伦 译



盲眼钟表匠

重庆出版社
海南出版社



从表面上来看，我们自身的存在是一个令人毛骨悚然的谜团，同时传递一个令人激动的事实 这个谜团有一个优美的解答，它完全处于我们的掌握之中。

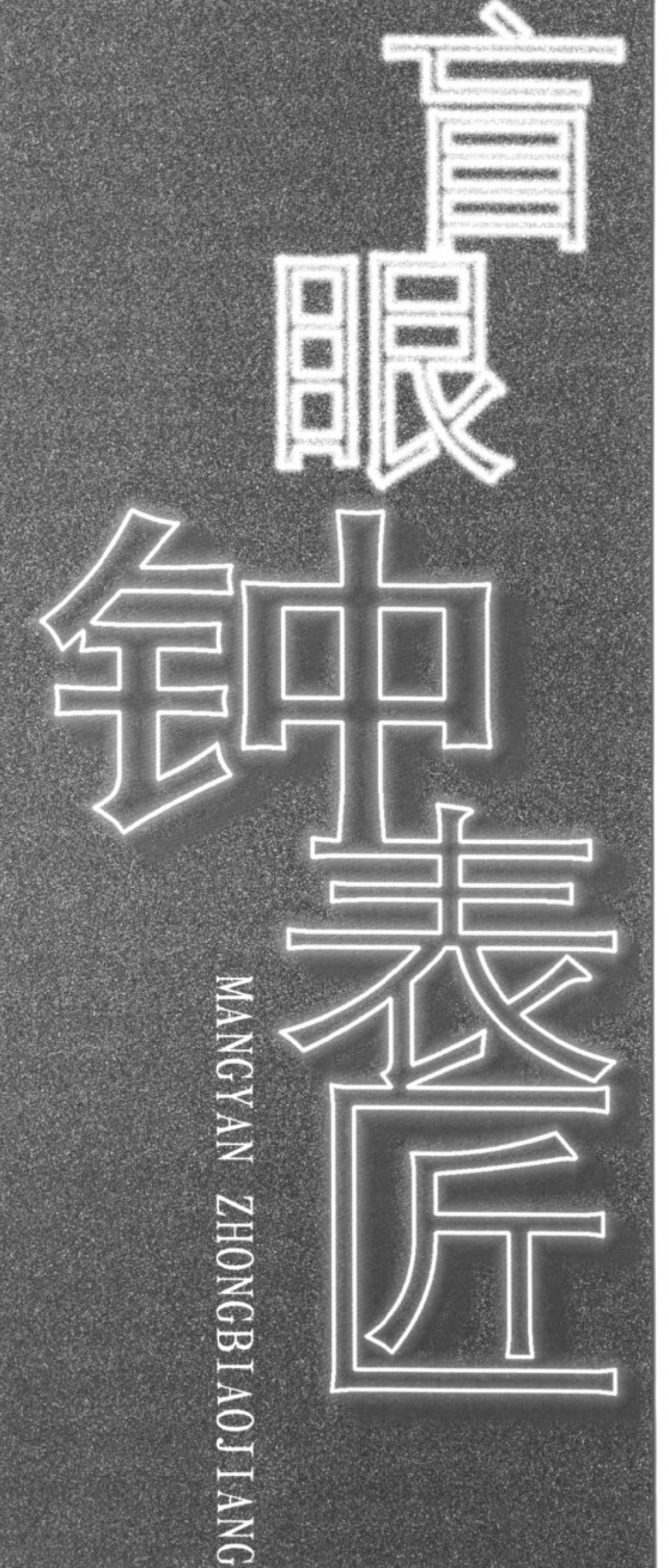
进化论世界观的真实性绝非偶然，它是惟一能够解答我们存在之谜的已知理论。本书使它成为一个令人加倍满意的理论。进化论不仅在地球上是正确的，而且在宇宙中任何存在生命的地方都适用。

让那些没有认识到生物复杂性奇观的人大开眼界。



ISBN 7-5366-7148-2/Q·26
定价：22.00 元

[英] 理查德·道金斯 著
王德伦 译



重庆出版社
海南出版社

图书在版编目(CIP)数据

盲眼钟表匠 / [英]理查德·道金斯著；王德伦译. —重庆：重庆出版社，2005

ISBN 7-5366-7148-2

Ⅰ. 盲… Ⅱ. ①理…②王… Ⅲ. 人类—进化—普及读物 Ⅳ. Q981.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018812 号

盲眼钟表匠

[英] 理查德·道金斯 著

王德伦 译

责任编辑 刘 玮 杨亚平

封面设计 张 晓

技术设计 聂丹英

重庆出版社出版、发行

(重庆长江二路 205 号 邮编 400016)

新华书店经销

重庆升光电力印务公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 12

字数 277 千 插页 2

2005 年 5 月第 1 版

2005 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数 1—5,000

ISBN 7-5366-7148-2 / Q · 26

定价：22.00 元

作者简介

理查德·道金斯(Richard Dawkins),英国人,著名演化理论学者,英国皇家学会会士。1941 年出生于肯尼亚,1949 年全家返回英国,就读牛津大学,受业于动物行为学名家丁伯根(Nikolaas Tinbergen 1907 ~ 1988,1972 年诺贝尔奖得主),获动物学博士学位。1976 年出版《自私的基因》(The Selfish Gene),阐释以"基因"为分析单位的演化观,声名大噪。这本书的主旨是"自利为利他行为的基础",可是许多人望文生义,以为他提倡"自私"。1995 年起,道金斯担任牛津大学新设立的科学教育讲座教授(Chair of Public Understanding of Science);2001 年当选英国皇家学会会士。

道金斯是英国最重要的科学作家,不但每一本书都是畅销书,并经常在各大媒体讨论、评论科学的各类问题。《盲眼钟表匠》与续篇《攀登不可能的山峰》(Climbing Mount Improbable, 1996)都是演化生物学的入门书。道金斯的理论著作,除《自私的基因》外,以《延伸的表现型》(The Extended Phenotype,1982)

最为重要。《盲眼钟表匠》获得英国皇家文学学会非小说类最佳书奖与美国洛杉矶时报的文学奖。1987年英国广播公司（BBC）根据本书拍摄的电视片，获得最佳科学纪录片奖。

译者序

“人从何处来？”这个萦绕在世世代代人心头的疑问，由达尔文做出了回答。1859年，达尔文的历史巨著《物种起源》发表之后，自然进化的世界观统治学术界达一个多世纪之久。到了20世纪70年代～80年代，进化论（从老达尔文进化论到新达尔文主义进化论）经历了一百多年的发展演变，其两大理论支柱（突变与自然选择）虽然对种内微进化能提供较好的解释，但对生命的起源和物种的变化不能提供良好的描述，尽管新达尔文主义一直对外声称他们能解释一切要解释的。随之学术界出现了不少对达尔文进化论的疑问，很多有名望的科学家提出了不少新理论。于是，生命起源的疑问再次成为人们争论的热点。

美国生化学家比希（*Behe*）1996年震撼性的新书《达尔文的黑箱》（*Darwin's BlackBox*），引发了不少注意和争论。比希对达尔文进化论全面质疑，主张从科学上可以提出生物结构是来自智慧的设计。比希指出，生命的细节非常复杂，很难恰当地放在达尔

文的理论中。达尔文主张,一种渐进的程序可一步一步地造成生物体的大转变,但他并无交代形成复杂结构的详细程序。"虽然现今对突变已有很多了解,但相对于进化来说,仍是一黑箱。"

动物学家道金斯的《盲眼钟表匠》(The Blind WatchMaker)一书,以保卫达尔文主义而名噪一时。他在书中曾讨论达尔文主义颇难处理的问题。道金斯之理论虽被一些科学家评为宗教性(无神的宗教)多于科学性,却广受一般不太懂科学的群众欢迎,成为一家之言。

眼睛是非常复杂的结构;如何能一步步进化出来呢?道金斯认为这渐进的过程,每一步骤的机率是一半对一半。单细胞生物有一个感光点,在多细胞生物中,这些感光细胞被放在一个小杯型组织之中,能转动而找寻光源,就像一个没有透镜的照相机。此后如有一些半透明凸体在此小杯的洞中,就会产生改进,而形成类似眼睛之晶状体,再后一步步地改进,即可进化成真正的晶状体。

作者笔法生动又不失逻辑性,严谨但不乏味,可以说是不可多得的科普读物。本书的最大价值在于它能够启发人们的思考,同时为人们提供了可供借鉴的思维方法。19 世纪的英国数学家克里福德(1845 ~ 1879)说过一段被多人奉为圭臬的话:"任何人在任何时代、地方,如果相信任何没有充分证

据的东西，就是错误的。”要求证据应当是合理的，我们不应轻率相信。

在探求的过程中，读者一定会发现无穷的乐趣。

译者　王德伦

2005年3月

序 言

这本书是建立在这样一个信念的基础之上的:我们自身的存在曾经是一个最难解的谜团。不过,现在这个谜团已经不复存在,因为达尔文和华莱士已破解了它——尽管我们还要继续为他们的解答添加注脚。我撰写这本书的原由在于,我诧异于竟然有这么多的人似乎不仅没有意识到这个解答的精致和优美,令我更加难以置信的是,许多人甚至根本没有意识到这样一个问题的存在!

这个问题是相当复杂的。我用来撰写这些文字的电脑拥有64K字节(一个字节可以存储一个字母)的信息储存能力。电脑是人们有意识设计和制造出来的。你用来理解我的语言的大脑是由上百亿个神经细胞组成的。许多神经细胞都通过上千条“电线”与其他的神经细胞联结在一起。而且,从基因层面来看,人体中一万多亿个细胞中的每一个所储存的精确编码的数字信息是我的电脑所储存信息的一千倍。活体组织的复杂性可以与它们的精致外观设计相媲美。如果有人并不认为我们要对这种复杂的设

计进行解释的话，我只好放弃。不过，转念一想，我不愿放弃，因为我撰写这本书的目标之一，就是让那些没有认识到生物复杂性奇观的人大开眼界。我的另外一个主要目标就是在展现这个谜团之后，通过对其解答的说明来解开这个谜团。

解释是一项艰难的艺术。你可以通过解释，让读者理解你的语言；也可以通过解释，让读者心领神会。要达到第二种境界，仅仅依靠把证据客观地摆在读者面前是不够的。你必须成为一名倡导者，并使用倡导者的技巧。这本书不是一本不带感情色彩的科学论文。许多其他关于进化论的书籍都是非常优秀、富有教益的，值得与本书结合阅读。我不得不承认，这本书不仅远非毫无感情色彩，而且在某些部分充满了激情，这如果出现在专业科学杂志中，必定会招致批评。本书的目的不仅在于传播知识，而且在于说服、甚至是启示。我希望启示读者：从表面上来看，我们自身的存在是一个令人毛骨悚然的谜团，同时传递一个令人激动的事实：这个谜团有一个优美的解答，它完全处于我们的掌握之中。而且，我希望说服读者相信，进化论的世界观的真实性绝非偶然，它是惟一能够解答我们存在之谜的已知理论。这使它成为一个令人倍加满意的理论。进化论不仅在地球上是正确的，而且在宇宙中任何存在生命的地方都适用。

但是另一方面，我又希望自己能够与职业倡导者区

别开来。一名律师或者一名政客可以为了钱代表客户慷慨陈辞，或者鼓吹他自己可能都不信仰的事业。我从来都没有做过这样的事情，将来也不会这样做。我可能也会犯错误，但是我只为真理而狂热，我从来不会鼓吹我自己都不相信的东西。我还记得曾经到一所大学的辩论协会与神造论者进行辩论的经历，这次经历给了我非常大的震动。在辩论之后的晚宴上，我与一位年轻的女士相邻而坐，她曾经在辩论中发表了支持神造论的比较有力的辩词，但是她明显并不是一位神造论者。于是，我请她如实地告诉我为什么要那样做。她很坦率地承认她只不过是为了练习自己的辩论技巧，而且认为支持一个连自己都不相信的立场更加富有挑战性。很明显，在大学的辩论协会中，指定辩论者站在哪一方的立场上进行辩论是很常见的做法，其中并不涉及自身的信仰。我并不乐于发表公开演说，但是我之所以不辞路途遥远地来完成这个任务，是因为我相信我要倡导的确属真理。当我发现辩论协会的成员只不过把它当作辩论游戏的载体的时候，我决定以后不再接受那些鼓励虚伪支持、危及科学真理的辩论协会的邀请。

出于某些我自己也不明就里的原因，我认为进化论比其他科学分支中的类似真理更加需要倡导。我们中的许多人都不了解量子理论、或者爱因斯坦的狭义和广义相对论，但是这并没有导致我们反对这些理论！与爱因斯坦的理论不同的是，进化论对于

何种程度无知的批评者来说似乎都是平等的游戏。我认为，正如雅克·莫诺[1]富有洞察力地评论的那样，进化论遇到的麻烦之一在于，每个人都自以为理解它。它确实是一个相当简单的理论，所以，人们会以为与几乎所有的物理学和数学理论相比，它简直就是小儿科。它的本质不过是说，存在遗传变异的非随机繁殖，只要有足够的积累时间，就会产生深远的影响。但是，我们有充分的理由相信，这种貌似简单性实际是一种错觉。千万不要忘记，这种理论尽管看起来简单，但是直到19世纪中期才由达尔文和华莱士发现，而这是在牛顿发表《基本原理》将近200年、在埃拉托色尼斯[2]度量地球两千多年之后。为什么这样一个简单的思想在如此长的时间内，没有被牛顿、伽利略、笛卡尔、莱布尼茨、休谟、以及亚里士多德这些富有才具的思想家发现呢？它为什么偏偏要等待由两位维多利亚时代的博物学家揭开面纱呢？那些哲学家和数学家们究竟出了什么问题，以至于忽略了它的存在呢？为什么这样一种有力的思想至今依然没有融入常人的意识之中呢？

似乎人的大脑是专门设计用来误解进化论、拒绝接

① 雅克·莫诺，法国生物化学家，曾获1965年诺贝尔生理学—医学奖。

② 埃拉托色尼斯，古希腊数学家、天文学家、地理学家。他设计了一种世界地图并推测了地球的周长及地球到月球和太阳的距离。

受进化论的。比如说,"偶然性"的问题往往会被歪曲成为盲目的偶然性。大多数攻击进化论的人都会迫不及待地、贸然地错误断定除了随机偶然性,进化论别无所有。既然生命的复杂性包含着偶然性的对立面,如果你认为进化论等价于偶然性的话,那么你会明显地发现,驳倒进化论是一件轻而易举的事情!我的任务之一,就是摧毁这种认为进化论是一种"偶然性"理论的轻率观点。使得人们倾向于置疑进化论的另外一个原因,在于我们的大脑习惯于处理的时间量程与进化过程中典型的时间量程有着天壤之别。我们习惯于理解需要数秒钟、数分钟、数年,或者至多数十年完成的过程。而进化论是一个关于缓慢积累的过程的理论,这些过程需要上万年、甚至上千万年才能够完成。我们所有的直觉判断在被放大许多个数量级之后都变成了谬误。我们精心调整的充满怀疑论和主观概率论的器官[①]失去了效力,因为它被调整为——具有讽刺意味的是,它是由进化本身加以调整的——在几十年的生命过程中发挥作用。它需要想像力来帮助它冲破熟悉的时间量程的羁绊,而我正希望努力协助读者发挥他们的想像力。

我们的大脑自然抵制进化论的第三个原因根源于我们作为创造性的设计者所取得的巨大成功。我们的世界充满了工程和艺术的丰功伟绩。我们已

① 指人的大脑——译者注。

经完全习惯地认为，复杂而精美的事物必然是深思熟虑的、精心设计的结果。这可能是绝大多数人信奉存在某种超自然的神明的最重要的原因。达尔文和华莱士利用巨大的想像力发现了一条与所有的直觉截然相反的道路，解释了原始的简单性如何衍生出复杂的"设计"，而一旦你理解了它，就会发现它是一条更为可信的道路。这其中想像力的跨越是如此的巨大，以至于时至今日似乎有许多人依然不愿意迈出这一步。这本书的主要目的就是帮助读者进行这种跨越。

作者自然会希望自己的著作产生长远的影响，而非昙花一现。但是，任何倡导者除了要倡导永恒不变的真理之外，还必须对同时代的反对观点做出回应。风险在于，无论这些争论在今天看来是如何的白热化，它们在几十年之后都会显得陈旧过时。但是，人们往往会注意到这样一个矛盾现象：《物种起源》的第一版比第六版更加具有说服力。这是因为达尔文认为有必要在后来的版本中对那些对第一版的批评做出回应，这些批评在今天看来是如此地落伍，以至于对它们的回应不仅显得画蛇添足，甚至有误导之嫌疑。尽管如此，出于对批评者以及可能会被迷惑的读者的礼貌，我不能沉迷于对那些只会昙花一现的批评观点置之不理的诱惑。虽然我对本书中的哪些章节最终会成为过眼云烟有自己的看法，但是我相信读者——以及时间——会做出判断。

我非常忧虑地发现，一些女性朋友(幸好为数不多)认为使用阳性无人称代词的意图在于把女性排除在外。如果确实发生排除情况的话（令我高兴的是，并没有出现），我想我会很快也把男性排除在外。当我试探性地把我的抽象读者称为“她”的时候，一位女权主义者却谴责我故作姿态、让人领情，我应当说“他或者她”，以及“他的或者她的”。如果您对语言毫不在意的话，这非常容易办到。不过，如果您不在乎语言的话，您根本不配做读者，无论您是何种性别。在此，我恢复了英语代词的正常传统。我把读者称为“他”，但是我并不认为我的读者只是男性，正如一位讲法语的人不会把桌子当作女性一样。事实上，我认为我经常把我的读者当作女性，但那不过是我的个人事务，我并不认为这取决于我如何使用我的母语。

同样的，我要表达感激的原因也是个人化的，希望我未能公平对待的人能够理解。我的出版商认为没有理由对我隐瞒他们的审查员身份（他们不是“评论家”——请恕我对未届不惑之年的许多评论家不敬，那些真正的评论家只有在书籍出版之后、作者已经无可作为的情况下才对书籍做出批评），我从约翰·克莱布斯(再一次)、约翰·杜兰特、格拉汉姆·卡恩斯·史密斯、杰佛瑞·莱文顿、麦克尔·卢斯、安托尼·哈勒姆、以及戴维·派的建议中获益匪浅。理查德·格里高利对第十二章提出了善意的批评，最终的版本也因完全删除了这一章

而有所增益。马克·雷德利以及艾伦·格拉芬虽然已经不再是我的正式学生，但是却与比尔·汉密尔顿一道，成为与我讨论进化论、并使我每天都有所获益的团体的指路明灯。帕米拉·维尔斯、彼得·阿特金斯、约翰·道金斯对我的多个章节都提出了有益的批评。莎拉·巴尼使得本书增色不少。约翰·格瑞宾纠正了一个重大错误。艾伦·格拉芬和阿特金森对一些计算问题提出了建议。动物学系的苹果麦金托什机联合会也友好地让我借用激光打印机来描绘生物形态。

现在就职于朗曼公司的麦克尔·罗杰斯的不懈活力使我再次获益。他和诺顿公司的玛丽·卡内恩一起在必要的时候巧妙地运用油门（以鼓舞我的士气）和刹车（激发我的幽默感）。本书的部分内容是在动物学系和新学院善意给予的假期中完成的。最后，我本来应当在我的前两本书中就表示谢意的，是牛津大学的导师制以及我的许多动物学的学生，他们多年以来一直帮助我在艰难的解释艺术中实践我可能拥有的少数技巧。

理查德·道金斯

1986年于牛津

目录 Contents

286 第十章 惟一正确的"家谱"

所有生物都有一个惟一正确的"家谱"，哺乳动物有一个共同的祖先，而鸟类和哺乳动物有一个遥远的共同祖先——进化和分级就像一棵分杈的树，这棵生命之树分杈超出了一定的最小距离的极限，树的枝干就不会"回头"——永远不会再聚。

324 第十一章 对手的理论

谁的理论能从原则上解释生命？按照拉马克的观点，如果我们的"获得性"特征毫无区别地遗传下去，那么折断的腿、天花的伤疤就会遗传给下一代，每一代新的生命将不会充满活力而是遍体鳞伤。"神创论"的说法更是不堪一击。如果有一个不管是通过瞬间还是指导的进化能够操纵世界上组织的复杂体的上帝，那这个上帝一定首先是很复杂的。

第一章 前途未卜

动物是已知宇宙中最复杂的事物。当然,我们所了解的宇宙只不过是实际宇宙的一小部分。在其他的星球上可能存在着比我们更加复杂的事物，而且他们中的某些部分还可能已经了解了我们。但是,这并不改变我想要陈述的观点。复杂的事物,无论置身何处,都值得进行特别的解释。我们想要知道它们是如何出现的以及它们为什么如此之复杂。我要指出的是,这种解释对于宇宙中任何地方的复杂事物基本上都是相同的,对我们,对黑猩猩、蠕虫、橡树、以及对外太空的怪兽都是相同的。但是从另一方面来说,它对于我所谓的‘简单’事物又是不相同的,例如岩石、云彩、河流、星系以及夸克,它们是物理学研究的对象。黑猩猩、狗、蝙蝠、蟑螂、人、蠕虫、蒲公英、细菌、以及银河系中的外星生物则是生物学研究的对象。

它们的区别在于设计的复杂性。生物学是研究表面看起来似乎是有意设计而成的复杂事物的。物理学是研究那些不会使得我们联想到设计的简单事物的。乍看起来,人造的事物,例如电脑和汽车似乎是例外。它们都很复杂,而且很明显是有意进行设计的，尽管它们不是活体，是由金属和塑料制造的而非血肉之躯。但是在本书中，它们还是会被当作生物学的对象来看待。

读者对此做出的反应可能是问“:好吧,不过它们难道真的是生物学对象吗?”语言是我们的奴仆,而不是我们的主人。为了不同的目的,我们可以方便地赋予语言不同的含义。绝大多数的烹饪书籍都把龙虾当作鱼类。动物学家可能会对此大为光火,义正词严地指出龙虾如果把人叫做鱼类可能更加有道理,因为鱼类与人之间的关系比与龙虾之间的关系要亲密得多。而且,说到正义和龙虾,我听说最近有一处法庭不得不对龙虾究竟是昆虫还是‘动物’做出裁决(这决定着是否应当允许人们对其生烹活煮)。从动物学上来说,龙虾当然不属于昆虫,它们是动物,我们和昆虫也都是动物。为不同的人使用语言的方式而激动万分是毫无意义的(尽管在我的非职业的现实生活中,我很有可能对那些生烹活煮龙虾的人大动肝火)。厨师和律师需要以其各自特殊的方式来使用语言,在本书中,我也是如此。不要去理会汽车和电脑究竟是不是真的生物学对象。关键在于,如果在某个星球上发现了此种复杂程度的事物,那么我们应当毫不犹豫地得出结论:在那个星球上存在、或者说曾经存在过生命。机器是生命体的直接产物,它们的复杂性和设计都源自于生命体,它们是判断在一个星球上是否存在过生命的依据。化石、骨骼、以及尸体的意义也在于此。

我说过,物理学是研究简单事物的。这个观点初听起来似乎也是奇谈怪论。物理学看起来是一门相当复杂的学科,因为物理学的观点是我们难于理解的。我们的大脑是被设计用来理解狩猎、采集、交配、以及抚养幼童的:这是一个中等体积的对象以中等的速度在三维中运动的世界。我们不善于理解非常小和非常大的事物、存续期以兆分之一秒或者十亿年计的事物、没有固定位置的粒子、无法看到和触摸到的力和场,我们只有通过受它们影响的、我们能够看到和触摸到的事物才了解了它们。我们之所以认为

物理学复杂是因为我们难以理解它,而且因为物理学书籍充斥着繁难的数学计算。但物理学所研究的对象依然是简单的对象。它们是具有无限重复的原子模式的气体或者微粒,或者像水晶一样的同质聚合体。至少从生物学的标准来看,它们不具备复杂的工作部件。即使是像星体这样由有限的部件组成的庞大的物理学对象,也是随机排列的。物理学的、非生物学的对象的行为是如此的简单，以至于我们能够以现有的数学语言对它进行描述，这正是物理学书籍充满数学的原因所在。

物理学的书籍可能是非常复杂的，但是它们跟汽车和电脑一样，都是生物学对象——人类大脑的产物。物理学书籍描述的对象和现象比其作者身上的一个细胞还要简单。而其作者是由上百万兆个这样的细胞构成的,而且其中的许多细胞都彼此各异,它们以复杂的组织结构和精确的设计构成一台能够撰写书籍的机器。我们的大脑处理极端复杂性的能力并不高于其处理极限体积以及其他物理学中艰深的极限值的能力。迄今为止,还没有任何物理学家发明了描述这样一个对象、甚至是它的一个细胞的整体结构及其行为的数学语言。我们所能够做的只是理解关于生命体如何运转、以及它们为什么存在的某些基本原则。

这就是我们的切入点。我们需要了解我们以及所有其他复杂的事物为什么会存在。现在,我们能够粗略地回答这个问题,虽然我们还没有完全理解其复杂性。例如,我们中的绝大多数人都没有详尽地理解一架客机是如何工作的。或许连它的制造者们也无法透彻领悟 发动机专家无法根本理解机翼,而机翼专家对发动机也是一知半解。即使是机翼专家,也未必能够以精确的数学语言来理解机翼：他们能够通过观测风洞或者电脑模拟中的模

型,预测机翼在紊流状态下的行为—— 就像生物学家理解动物的方式一样。尽管我们对客机工作的理解非常不完全,我们也都明白它出现的大概过程。它由人类在绘图板上设计出来,然后其他一些人根据图纸制造出零部件,后来更多的人(在人类设计的其他机器的帮助之下)用螺丝钉、铆钉、焊枪、胶将这些零部件按照恰当的方式组合到一起。对我们来说,客机出现的过程并不太神秘,因为是人类制造了它。根据有目的的设计,将零部件系统地组合到一起,这是我们所知道和理解的,因为我们有第一手的经验——即使这种经验来自于我们童年时代玩具的组合和安装。

那么,我们自己的身体呢 ?我们每一个人都是一台像客机一样的机器,只不过更加复杂罢了。我们是不是在设计板上被设计出来的?我们的零部件是不是由一名技艺高超的工程师装配而成的呢 ?答案是否定的。这是一个令人惊讶的答案,我们知道和理解这个答案才不过一个世纪左右的时间。当查尔斯 · 达尔文首先对这个问题做出解释之后,许多人都不愿、或者不能理解它。我在孩提时代第一次听到达尔文理论的时候,我断然拒绝相信它。直到 19 世纪下半叶,在历史过程中的几乎每一个人都曾经坚信这个理论的对立面—— 有意识的设计者理论。许多人至今仍然相信上帝造人,这或许是因为对我们自身存在的真正的、进化论的解释依然没有成为大众教育课程的一个常规部分,因此,它必然受到广泛的误解。

书名中的‘ 钟表匠 ’借用自 18 世纪神学家威廉 · 帕列夫的一篇著名的论文。他的出版于 1802 年的《自然神学——源于自然现象的上帝的特征和存在的证据》是阐述上帝造人论点的著名著作,也是支持存在上帝的最有影响力的作品。那是一本我非常推崇

的书,因为作者在他所处的时代成功地完成了我现在希望完成的事情。他提出了一个观点,狂热地信奉这个观点,并且不遗余力地向读者灌输这种观点。他对生物界的复杂性怀有恰当的敬畏之情,并且意识到这需要一种非常特殊的解释方式。他所犯的惟一错误—— 也是公认的重大错误—— 却恰恰是解释本身。他对谜题给出的是传统的宗教式的解答,只不过他的解释比任何前人都更加明确、更加具有说服力。但是真正的解释却是迥然不同的，直到有史以来最具革命性的思想家之一查尔斯 • 达尔文,它的真面目才为世人所知。

帕列夫在《自然神学》中有一段著名的开场白：

> 在穿越一片荒野的时候,假如我踏到了一块石头,有人问我那块石头是怎样出现在那里的,我可能会回答说,它一直都躺在那里—— 即使事实并非如此,别人也难以证明这个答案是荒谬可笑的。但是,假如我在地上发现了一块手表，有人问我那块手表为什么会出现在那个地方,我几乎不可能想到上面的那个回答,即据我所知,那块手表始终是待在那里的。

在这里,帕列夫已经意识到了像石头一样的自然物体与像手表这样经过设计和制造的物体之间的区别。他接下来详细阐述了手表中的齿轮和弹簧的精确性,以及它们之间组合的复杂性。如果我们在荒野中发现一件像手表这样的物体,即使我们不知道它是如何出现的,仅仅依靠它自身的精确性和设计的复杂性,我们就不得不得出这样的结论：

> 这块手表一定有一个制造者;一定有一个或者多个能工巧匠在某个时间、某个地点出于某种目的制造了它,是他或者他们领悟了它的构造、设计了它的用途。

没有人能够合理地反驳这个结论。帕列夫坚持认为,即使是无神论者,在思考自然的作品的时候,也不得不得出这样的结论,因为:

> 手表中所展示的每一个人工的痕迹、每一处设计的证明都会出现在自然的作品当中,只不过自然的作品更加巨大,程度更加难以计算而已。

帕列夫接下来以优美的、虔诚的描述,解剖了生命体中的机械性构造,以图进一步阐述他的论点,他首先从人的眼睛开始,这也是达尔文后来最喜欢举的例子,而且它也将在本书中反复出现。帕列夫将人的眼睛与设计的仪器——例如望远镜——进行了比较,并且得出结论说:"有几乎完全相同的证据表明,眼睛是被制造用来获得视觉的,正如有证据表明望远镜是被制造用来辅助视觉的一样。"他认为,眼睛一定是有设计者的——正如望远镜一样。

帕列夫的观点热烈而真诚,并且披着当时最先进的生物学知识的外衣,但它却是错误的,而且大错特错。望远镜与眼睛、手表与生命组织之间的类比是虚假的。事实与表面现象完全相反,自然中的惟一的'钟表匠'就是物理学的盲目力量,尽管它是以一种非常特殊的方式在发挥作用。一名真正的钟表匠是具有预见力的:他设计齿轮和弹簧,利用心智之眼规划未来的用途,计划它们之间的联结。自然选择——这个达尔文发现的盲目的、无意识的、自

动的过程,我们今天所知的、对于生命的存在以及看似有意图的生命形式的解释—— 本身是毫无目的性的。它没有心智,也没有心智之眼,更不会对未来进行规划 它没有洞察力,没有先见之明,甚至根本没有“ 视力 ”。如果非要说它在自然中扮演了“ 钟表匠 ”角色的话,那么它就是一个“ 盲眼钟表匠 ”。

我应当对此、以及更多其他的进行解释。但是,我不能贬低曾经给予帕列夫巨大鼓舞的活“ 钟表 ”的奇迹 相反,我会尝试解释我的感觉,帕列夫可能会对这种感觉借题发挥。说到对活“ 钟表 ”的敬畏之情,我绝对不会输给任何人。我与尊敬的威廉 • 帕列夫的共同感想可能会比我与一位著名的现代哲学家的共同感想更多,我曾经与这位著名的无神论者在一次宴会上就这个问题进行过讨论。当时我说道,我无法想像在 1859 年达尔文的《物种起源》出版之前有人会是无神论者。“ 那么休谟呢 ?”这位哲学家问道:“ 休谟是怎样解释生物界有组织的复杂性的 ?”我问道。“ 他没有解释。”这位哲学家说道:“ 为什么需要特殊的解释呢 ?”

帕列夫知道它需要特殊的解释。达尔文也知道。而且,我怀疑我身边的这位哲学家在内心深处也明白这一点。无论如何,我有责任在这里进行说明。关于戴维 • 休谟,据说这位伟大的苏格兰哲学家早在达尔文之前一个世纪就驳倒了上帝造人论。但是休谟做的只不过是批评将自然中的表面设计作为上帝存在的确实证据的逻辑。他并没有提出任何对于表面设计的其他解释,也没有对这个问题做出解答。达尔文之前的休谟派无神论者可能会这样说:“ 我无法解释复杂的生物设计。我所知道的是上帝并不是一个很好的解释,因此我们只能等待有人提出一个更好的解答。”我不禁感觉到,这样一种立场,尽管富有逻辑性,但是依然无法令

人满意,而且,尽管在达尔文之前的无神论在逻辑上尚可维系,但是只有达尔文才使得成为一名在学术上满足的无神论者变成可能。休谟的某些著作表明,他低估了生物设计的复杂和优美。我想他会同意这一点。如果休谟在世的话,年轻的博物学者查尔斯·达尔文可能向他展示一两件东西,不过当达尔文进入休谟曾经所在的爱丁堡大学的时候，休谟离开人世已经 40 年了。

关于复杂性和看似的设计,我已经谈论了许多,似乎这些词汇的含义不言自明。在某种意义上来说,它们的含义是很明显的——绝大多数人都对复杂性的含义有直觉的了解。但是，这些词汇——复杂性和设计—— 在本书的地位极其关键,因此我必须努力以更加精确的语言,让读者感觉到,复杂的、看似经过设计的事物是有特别之处的。

那么,什么是复杂的事物呢?我们如何来辨别它?从何种意义上说,一块手表、一架飞机、一只蠼螋,或者一个人是复杂的,而月亮却是简单的呢?我们能够想到的第一点,也是复杂事物的一个必要特征,就是它具有非单一的结构。一块粉色的牛奶布丁或者牛奶冻是简单的事物,因为如果我们把它切成两半,这两部分具有相同的内部构成,也就是说牛奶冻是同质的。一辆汽车是非单一结构的,与牛奶冻不同的是,汽车的几乎任何一个部分都与其他部分不同。半辆汽车乘以 2 并不等于一辆汽车。这就相当于说，一个复杂的事物与简单的事物不同,它拥有许多的部分,而且这些部分属于不同的种类。

这种异质性,或者“多部分性”,是一个必要条件,但并不是充分条件。大量的物体有许多组成部分，而且内部结构也是非单一的，

但是却并不具有我所说的那种复杂性。例如,布朗峰[①]是由许多种不同的岩石构成的,这些岩石混杂在一起,无论你从任何地方把山峰切成两半,这两部分的内部构成肯定是互不相同的。布朗峰拥有牛奶冻所不具备的异质性,但是它依然不具备生物学家所说的复杂性。

下面让我们借助数学中的概率论,来尝试另外一条探求复杂性定义的路线。假设我们试着给出如下的定义:一个复杂的事物就是其组成部分的排列方式不可能仅仅是偶然的结果。借用一位著名的天文学家的类比,如果你把一架飞机的各个部件随机地组合到一起，你碰巧组装成一架可以运转的波音飞机的概率几乎为零。将一架飞机的部件组合到一起的可能方法有数十亿种,但是其中只有一种,或者少数几种组合能够得到一架飞机。而要把人的复杂部件组合到一起的方法更是不可胜数。

这种给复杂性定义的方法似乎是前途光明的,但是我们还需要其他的东西。也可以说,将布朗峰的各个部分组合到一起的途径有数十亿种,但是其中只有一种才是布朗峰。因此,如果布朗峰是简单事物的话，那么是什么东西使得飞机和人成为复杂事物的呢？任何部件的杂乱组合都是独一无二的，而且都是非概然的。飞机破碎场的碎屑堆是独一无二的,没有任何两个碎屑堆是相同的。如果你把飞机的碎片扔进碎屑堆,你碰巧两次击中具有完全相同的部件组合的碎屑堆的几率跟你组装成一架飞机的几率几乎一样低。那么,为什么我们不能说一个垃圾堆、或者布朗峰、或者月亮,是跟飞机或者一条狗一样复杂?又为什么在所有这些情

①阿尔卑斯山的最高峰，海拔 4 810.2 米。

况之下,原子的排列都是‘非概然的’呢？

我的自行车上的组合锁有 4 096 个不同的组合。每一个组合都是‘非概然的’,因为如果你随机地转动轮子,4 096 个组合中的任何一个都同样不可能出现。我可以随机地转动轮子,然后看着出现的数字,后知后觉地欢呼道“:多么神奇啊。这个数字出现的几率是 1∶4 096。这真是一个小小的奇迹!”这跟认为一座山峰上的某个特定的岩石排列、或者碎屑堆中的金属片是‘复杂事物’别无二致。但是,在这 4 096 个轮子的组合中有一个是独一无二的,1 207 这个组合是惟一能够打开锁的组合。1 207 的独特性与后见之明毫无瓜葛 它是由制造商预先设置的。如果你随机地转动轮子,并且在第一次就恰好组合出 1 207 的话,你就能够偷走这辆自行车,这也将是一个小小的奇迹。如果你凭运气打开了银行保险箱上的组合锁,那将成为一个大大的奇迹,因为那个几率是几百万分之一，如果真是那样的话，你就能够偷来一座金山了。

猜中能够打开银行保险箱的幸运数字,就相当于随机投掷废金属并恰好组装出一架波音 747。在数百万个组合锁的所有组合中,只有一个能够打开锁。类似地，在数百万个废金属的组合当中,只有一个(或者少数几个)组合能够飞上蓝天。能够飞翔的这个组合、或者能够打开锁的数字的独特性,跟后见之明毫无关系,它是预先设置的。锁的制造商固定了这个组合,并且告诉了银行的经理。飞机能够飞上蓝天是我们预先赋予飞机的一种属性。如果我们看到飞机在天空中飞翔,那么我们就能够知道它不是随机将废金属组合到一起形成的,因为我们知道随机组合得到能飞上蓝天的飞机的几率是多么的微小。

现在,如果你考虑将布朗峰的岩石胡乱堆砌到一起的所有可能的方法,确实只有其中的一种能够得到我们所知的布朗峰。但是布朗峰是我们利用后见之明赋予它的名字。其他许多种堆砌岩石的方法中的任何一种,都可能被称为一座山峰,也可能被称为"布朗峰"。我们所知的布朗峰没有任何独特之处,没有任何预先确定的东西,没有任何等同于飞机、或者等同于大门洞开之后钞票纷纷滚出的保险箱的东西。

那么生命体当中,相当于大门洞开的保险箱、或者翱翔的飞机的东西是什么呢?在某些情况下,它们几乎是完全相同的。燕子能够飞翔。正如我们已经看到的那样,要组装一个飞行器并不容易。如果你将燕子的所有细胞进行随机的组合,最终的结果能够飞翔的几率与零无异。并非所有的生命体都能够飞翔,但是它们所做的其他事情也是同样非概然的、预先指定的。鲸鱼不能飞翔,但是它们能够游泳,而且游泳的速度跟燕子飞翔的速度一样高。将鲸鱼细胞随机组合得到的结果能够游泳——暂且不必说像鲸鱼一样迅速、高效率地游泳——的几率是可以忽略不计的。

在这一点上,一些目光锐利如鹰隼的哲学家(鹰隼具有非常锐利的视觉——你不可能将晶体和光敏感细胞随机组合得到鹰的眼睛)可能会开始嘀咕循环论证的问题。燕子能够飞翔,但是不能游泳;而鲸鱼能够游泳,却不能飞翔。我们事后才能够确定随机组合的结果究竟是能够游泳,还是能够飞翔。假设我们同意在尝试了组合细胞之后,再确定结果如何,那么随机组合的细胞可能会得到高级的穴居动物,例如鼹鼠;或者攀登能手,例如猴子。它可能擅长在空中滑翔,或者抓取油腻的碎布,或者沿着不断缩小的圆圈漫步,直至最终消亡。这份清单可以无限延续下去,不是

吗 ?

如果这份清单真的可以无限延续下去的话,我假想的这位哲学家就有话要说了。如果无论你多么随机地组合物质,最终的结果都擅长某些东西的话,那么就可以说我在燕子和鲸鱼的问题上欺骗了读者。但是生物学家可能需要更加明确地界定什么是“擅长某些”的东西。我们认定一个事物是动物或者是植物的最低要求,就是它应该能够以某种方式谋生(更加准确地说,它应当能够存活得足够长,以便能够繁殖)。谋生的方式确实有许多种——飞翔、游泳、在树木之间荡秋千,等等。但是,尽管存活的方式有许多种,死亡或者无生命的方式却必定更多。你可以在 10 亿年中反反复复地随机组合细胞,但是你可能一次也不会得到能够飞翔、或者游泳、或者穴居、或者奔跑、或者做任何其他事情的组合,甚至更加糟糕的是,你的结果可能根本不能被认为是生命体。

这是一个漫长的争论过程,现在是时候让我们提醒自己,我们是如何陷入这场争论中来的了。当我们说一个事物复杂的时候,我们要寻找一个准确的方式来表达我们的意思。我们试图要弄清楚人类与鼹鼠、蚯蚓、飞机、手表—— 而不是与牛奶冻、布朗峰、或者月亮—— 之间的共同点。我们得到的答案是,复杂的事物具有某种预先确定的属性,这种属性极其不可能仅仅依靠偶然性而获得。对于生命体而言,这种预先确定的属性就是“精通”。要么精通某种特定的能力,例如飞翔 要么精通某种更加普遍的事物,例如躲避死亡的能力,或者通过繁殖传递基因的能力。

躲避死亡是你必须学会的一件事情。人体具有一种回归到与周围环境保持均衡的倾向。如果你要衡量生命体中的某些数据,例

如温度、酸度、水含量、或者电位,你通常会发现,它们与周围环境的指标大不相同。例如，我们的体温通常要比周围环境的温度高,在寒冷的气候中,人体不得不努力工作以保持这种温差。当我们死去之后,这种工作就停止了,温差也会逐渐消失,最终人体的温度将与周围环境趋同。尽管并非所有的动物都会如此辛苦地避免与周围的温度达到均衡,但是所有的动物都会做一些类似的工作。例如,在一个干旱的国度里,动物和植物都会努力保持体内细胞中液体的含量,抗衡水分从体内流失到外界干燥环境中去的自然倾向，失败则意味着死亡。从更加广泛的意义上来说，如果生命体不积极地工作以防止失败,它们最终将同周围环境融为一体,不再作为一个独立的生命存在。这就是任何生命体死亡之后的结局。

人造的机器是一个例外,尽管我们已经同意把它们当作是名义上的生命体,但非生命的事物是不会这样工作的。它们接受意图使它们与周围环境保持均衡的力量。布朗峰已经存在了很长的时间,或许还将继续存在很长的时间,但是它并没有努力求存。岩石只是因为重力的影响才停留在那里,不需要其他的工作使它继续停留在那里。布朗峰存在着,而且会继续存在着,直到逐渐风化,或者发生一场地震将它摧毁。它不会像生命体一样,对风化的部分进行修补,也不会在崩塌之后重新站立起来。它只是遵循着物理学的普通定律。

这难道能够否定生命体也是遵守物理学定律的吗？当然不能。认为生命体违反物理学定律的想法是毫无道理的,没有任何超自然的‘ 生命力 ’能够同物理学的根本力量相抗衡。但是,如果你试图以幼稚的方式利用物理学的定律来理解整个生命体的行为,你

会发现收获甚少。人体是一个由许多部件组成的复杂的事物,为了理解它的行为，你必须将物理学定律应用到它的每一个部件，而不是整体上去。人作为一个整体的行为将作为各个部件相互作用的结果而出现。

我们以运动学定律为例。如果你将一只死鸟扔到空中,它会像物理学书籍所说的那样,画出一道优美的抛物线,然后落到地上,并且停留在那里。它的行为与具有一定的质量和空气阻力的固体应当表现出来的行为完全一致。但是如果你将一只活着的鸟扔到空中,它不会沿着抛物线落到地上,而是远走高飞。原因是它拥有抗拒身体承受的重力以及其他物理力的肌肉。肌肉的每一个细胞仍然遵守物理学的定律,它牵动翅膀,使得整个身体浮在空中。鸟并没有违反重力的规律。它一直承受着重力的向下牵引力,但是它的翅膀在积极地工作—— 它的肌肉在遵循着物理学的定律——以抗衡重力,使其浮在空中。如果我们幼稚地把它简单地看做一个无结构的、具有一定质量和空气阻力的整体物质，那么我们就会认为它违背了物理学的定律。只有当我们明白它是由许多内部部件构成的,每一个部件都遵循着自身的物理学定律，我们才能够理解鸟的整体的行为。这适用于所有人造的机器,也适用于任何复杂的、多部件的事物。

这样我们就触及了我希望在这一个相当富有哲学色彩的章节里面想要讨论的话题,也就是我们所说的解释的含义。我们已经明白了我们所说的复杂的含义。但是,如果我们要理解一台复杂的机器或者生命体的运作,怎样的解释能够使我们满意呢 答案是我们在上一个段落中得到的解释。如果我们希望理解一台机器或者生命体的运作,我们需要观察它的组成部分,并且了解它们

之间是如何相互作用的。如果有一个复杂的事物是我们所不理解的，那么我们可以从我们已经理解的简单部件入手。

如果我向一位工程师询问蒸汽机车是怎样工作的话,我对能够使我满意的回答的类型有非常公正的看法。像朱利安•赫胥黎[①]一样,如果这位工程师回答说,它是由‘动力’推动的,我一定不会感到满意。如果他接下来乱扯什么整体大于部分之和的废话令我厌烦的话,我一定会打断他‘:这些无关紧要,你只需要告诉我它是怎样工作的。’我想要听到的是,发动机的各个部分是怎样相互作用,从而产生整个发动机行为的。首先我希望听到的是关于一些大的部件的解释,尽管这些大部件的内部结构和行为可能非常复杂,而且没有得到解释。首先需要进行解释的部件的名称包括火箱、锅炉、汽缸、活塞、蒸汽调节器等。这位工程师可以表示,暂不解释每个部件的作用。我会暂时接受这样的回答,而不去追问究竟每一个部件是如何工作的。只要每个部件发挥自己的作用,我就能够理解它们是怎样相互作用,从而使得整个机车运转的。

当然,我可以询问每一个部分是如何工作的。在接受了蒸汽调节器调节蒸汽流的事实,并且利用这个事实来理解整个机车的运转之后，我把好奇心转移到了蒸汽调节器身上。现在,我希望了解它是如何利用自己的内部构造来实现自己的行为的。我们对任何一个级别的部件的行为的解释,是利用其组成部件的相互作用来进行的,并暂且不理会这些组成部件的内部结构。我们如此层层推进,一直达到最简单的、我们认为没有必要提问的部件。例

① 朱利安•赫胥黎，1887～1975,英国生物学家,汤玛士•赫胥黎之孙,著有《新分类学》等,也是重要的科学教育家。

如，我们绝大多数人都会对坚硬的铁质活塞杆的属性了如指掌，并且准备利用它作为对包含它的、更加复杂的部件进行解释的单位。

当然，物理学家们不会理所当然地接受铁质活塞杆。他们会问为什么它是坚硬的，而且会继续层层推进，直至基本的粒子和夸克。但是对于我们绝大多数人来说，生命如此短暂，无法效仿这些物理学家追根究底。对于任何特定的复杂组织，在通常情况下，我们只需要向下追究一两个层次，就能够得到令人满意的解释。汽车发动机的行为可以用汽缸、汽化器和火花塞来解释。当然，每一个部件都处于更低级别的解释的金字塔的顶端。但是，如果你问我发动机是如何工作的，我用牛顿定律和热力学定律来进行解释，或者用基本粒子进行解释，你一定会认为我是在高谈阔论，甚至是彻头彻尾的反启蒙主义者。毫无疑问，对汽车发动机的行为的最本质解释就是粒子之间的相互作用。但是如果用活塞、汽缸和火花塞之间的相互作用来进行解释会更有用。

电脑的行为可以用半导体的电子门电路来进行解释，而半导体的电子门电路的行为又可以由物理学家用更低级别的组成部分的行为来解释。但是在实际当中，对于大多数的目的而言，如果你想要理解整个电脑的每一个层面的话，你简直就是在浪费自己的时间。因为电子门电路的数量极其庞大，而且相互作用不计其数。能够令人满意的解释必须把相互作用的数量控制在较少的范围之内。这就是为什么当我们在试图理解电脑的工作原理的时候，我们喜欢首先用几个主要的部件——内存、处理器、存储器、控制器、输入输出控制器等进行解释。理解了这些主要部件的相互作用之后，我们可能希望就这些主要部件的内部结构提出

问题。只有专业的工程师才会深入到 AND 和 NOR 门电路的层次,也只有物理学家才会继续深入到电子在半导体介质中的行为的层面。

对于那些喜欢某某'主义'这种词汇的人来说,我的理解事物工作原理的方法可能会被称为'等级简化主义'。如果你阅读了最新的知识分子杂志的话,你会发现'简化主义'像罪恶一样,只有反对它的人才会提起它。在某些圈子里，如果你自称是简化主义者,那就简直像承认自己吃婴儿一样骇人听闻。但是,正如没有人真正吃婴儿一样,也没有人是值得反对的简化主义者。这种不存在的简化主义者——人人反对、但是实际上只存在于他们的想像之中的简化主义者——试图直接用最简单的部分,甚至用部分之和来解释复杂的事物。另一方面,等级简化主义在解释级别结构中的任何级别的复杂实体时,是用仅比该实体低一个级别的实体进行解释；而这些用来解释的实体本身可能也是相当复杂的,需要简化到它们自身的组成部分,依此类推。无庸赘言,适用于高级别的解释方法与适用于低级别的解释方法颇为迥异——尽管传说中的吃婴儿的简化主义者会否认这一点。这就是为什么要用汽化器而不是夸克来解释汽车的原因。但是,等级简化主义者认为汽化器可以用更低级别的实体进行解释,而这些更低级别的实体又可以用再更低级别的实体进行解释……最终可以用最小的基本粒子进行解释。从这种意义上来说,简化主义只不过是理解事物的诚实愿望的别名而已。

在这一部分开始的时候,我们提出了对复杂事物的何种类型的解释能够令人满意的问题。刚才我们从机械的观点考虑了这样的问题:'它是怎样工作的?'我们得出的结论是,一个复杂事物可

以被认为是有序的连续等级,它的行为可以用其组成部分的相互作用进行解释。但是，另外一个问题是复杂的事物是怎样出现的。这个问题是本书尤其关心的。在此我不必赘言。我要说的只是,理解机械原理的普遍原则同样适用于此。我们不会理所当然地接受一个复杂事物的出现,因为它的概率太小了。只要发生一个偶然事件,它就不可能出现。我们会解释它的出现是一个渐进的、累积的、逐步的从简单的事物、从简单到足以偶然出现的原始对象演变而来的过程。正如' 大步骤简化主义 '无法解释机械原理,必须用逐步的、层层剖析的方法取代一样,我们不能一步就解释复杂事物的起源。我们必须再次诉诸于一系列的小步骤,这一次是按照时间的顺序。

牛津大学的物理化学家彼得 · 阿特金斯在其文笔优美的《造物》一书中写道：

> 我要带你的心灵做一次旅行。这是一次领悟之旅,它会带领我们来到空间、时间、以及理解力的边缘。在旅途之中，我会告诉你,没有任何事物是无法理解的,没有任何事物是无法解释的,所有的事物都是极其简单的……宇宙中的大量事物,例如大象,根本无需解释。一旦分子学会了竞争和创造类似自身的另外一个分子，大象—— 以及类似大象的事物,不久之后,就会徜徉在乡野之间。

阿特金斯假设,一旦相应的物理条件得到满足,复杂事物的进化——本书的主题—— 将是无可避免的。他研究了必须具备什么最低的物理条件,一个非常懒惰的造物者必须付出怎样的最少量的设计工作,才能够保证宇宙、以及后来的大象和其他的复杂事

物在某一天出现。从他作为一个物理学家的立场,答案是造物者是无限懒惰的。为了理解万物的起源,我们需要假设的基本的初始单位要么是虚无(根据某些物理学家的观点),要么是最简单的单位，简单到根本不需要造物者来干预。

阿特金斯指出,大象和复杂的事物不需要任何解释。但那是因为他是一位信奉生物学进化论的物理学家。他的真实意图并不是大象不需要解释,而是对生物学家在接受一些物理学事实的基础上能够解释大象感到满意。因此，他作为一名物理学家的任务，就是证明我们接受这些事实的合理性。他成功地做到了这一点。我要做的工作只是锦上添花。我是一名生物学家。我接受物理学的事实——简单世界的事实。如果物理学家们对于这些事实是否已经得到理解没有达成一致意见,那不是我的问题。我的任务就是对大象以及充满复杂事物的世界,用物理学家们已经理解的、或者正在试图理解的简单事物进行解释。物理学家的问题是最终的起源和最终的自然法则。生物学家的问题是复杂性问题。生物学家试图用简单的事物来解释复杂事物的起源和作用机理。如果他到达了简单到足以安全地移交给物理学家的程度,他就可以认为完成了自己的任务。

我很清楚,我对复杂对象的界定—— 统计学上概然率极低的、事前未知的方向 —— 似乎十分怪异。我认为物理学是研究简单事物的界定同样看似怪异。如果你喜欢其他定义的复杂性方式,我并不介意,并且为了讨论的目的,我也可以采用你的定义。但是，我真正关心的是,无论我们怎么称谓这种‘ 统计学上概然率极低的、事前未知的方向 ”,这都是一种需要付出特殊解释努力的属性。正是这种属性将生物学对象和物理学对象区别了开来。我

们所要进行的解释不能违背物理学的定律。相反，我们要利用、并且仅利用物理学的定律进行解释。但是，我们要以一种不同于物理学教科书的特殊方式来利用物理学定律。这种特殊的方式就是达尔文的方式。我将在第三章“微小变化的积累”当中介绍它的基本内涵。

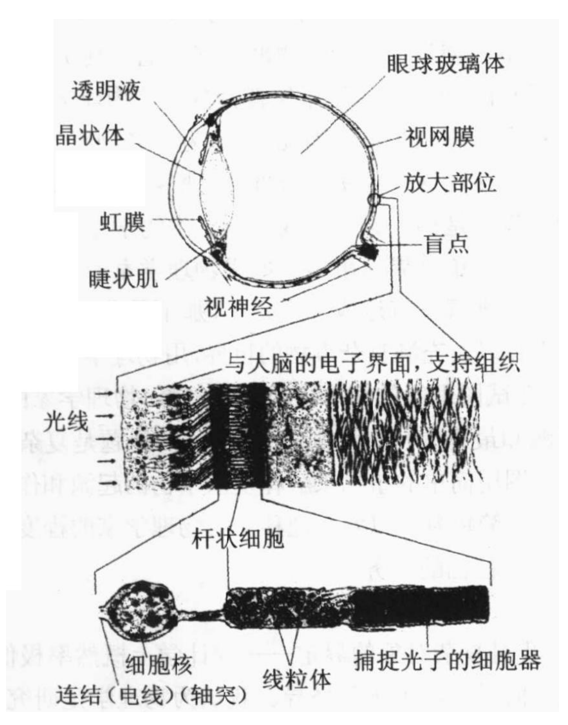


图 1

同时，我也想效仿帕列夫，强调一下我们的解释所面临的问题—— 生物的巨大复杂性以及生物设计的美和优雅—— 的难度。第二章详尽地讨论了一个特例——蝙蝠的‘雷达”,这是在帕列夫时代之后很久才发现的。在此，我举一个图例(图 1)—— 帕列夫

该会多么喜爱电子显微镜啊！——眼睛以及两个连续的局部‘ 放大 ’的图像。图的上部是眼睛的剖面图。在放大之后，眼睛成了一个光学仪器。它与照相机之间的相似性是显而易见的。虹膜负责不断地调节光圈“；镜头 ”实际上是复合镜头系统的一部分，负责聚焦的可变部分；利用肌肉收缩‘ 镜头 ’可以改变焦点(就像在人造照相机中前后移动镜头一样)，图像会落在后方的视网膜上，并且刺激光电池产生反应。

图 1 的中间部分是视网膜一小部分的放大图。光线从左方进入。光敏感细胞(光电池)虽然不是最先接触光线的，但是它们被埋藏在内部以迎接光线。这种奇特的特征我们在以后还会提到。实际上，光线最先接触到的是神经节细胞，它们构成了光电池和大脑之间的‘ 电子界面 ”。神经节细胞负责以复杂的方式对信息进行预处理，然后传递给大脑，其传递方式仅仅靠‘ 界面 ’这个词不足以涵盖“；卫星电脑 ’可能是更加合适的名称。有线路经过视网膜的表面将神经节细胞和‘ 盲点 ’联结起来，并在盲点处穿入视网膜，构成通向大脑的中继线，也就是视神经。“ 电子界面 ’中大约有 300 万个神经节，负责从 1.25 亿个光细胞中收集数据。

图的最底部是一个放大的光细胞一杆状体一的图像。当你观察这个细胞的精致结构的时候，要记住这种复杂性在视网膜中重复了 1.25 亿次，即类似的复杂性在人体当中重复了数万亿次。1.25 亿光细胞这个数字大约是一幅高质量杂志照片中可解析点数的 5 000 倍。光细胞示意图右侧的折叠的隔膜是收集光线的结构。这种分层的构造提高了它捕捉光子—— 光的基本粒子—— 的效率。如果第一层隔膜没有捕捉到光子，那么第二层、第三层等等就会捕捉到。因此，某些眼睛能够发现单独的一个光子。摄影师

们能够使用的最快、最敏感的胶卷感光乳剂需要 25 倍的光子才能够探察到一点光线。细胞中间部分内部的糖块形状的东西主要是线粒体。线粒体不仅存在于光细胞中,而且存在于许多其他细胞中。每一个线粒体可以被看做是一个化工厂,它通过其内部复杂折叠的隔膜表面长长的、错综复杂的装配线,处理 700 多种不同的化学物质,然后制造出其主要的产品——可用能量。图 1 左方的小圆球是细胞核。这是所有的动物和植物细胞共有的特征。我们在第五章将看到,每一个细胞核都拥有一个数字编码的数据库,其容量超过 30 卷大不列颠百科全书的总和。这个数字是针对每一个细胞的,而不是人体所有的细胞。

图底部的杆状体是一个细胞。人体中细胞的总数大约为 10 万亿个。当你在吃排骨的时候,你相当于正在撕碎 1 000 亿本大不列颠百科全书。

第二章 优美的设计

自然选择是一个“盲眼钟表匠”。之所以说它“盲”,是因为它并没有事先预见,也没有计划顺序,更加没有目的。但是自然选择的现实结果却让我们惊讶莫名,因为其设计的外观仿佛出自“钟表制造大师”之手,让我们误以为那是事先设计和规划的结果。本书的目的就是破解这个充满矛盾的现象,令读者满意,而本章的目的则是让读者进一步感受设计错觉的力量。我们要考察一个特例,并将得出这样的结论:说到复杂性和设计之美,帕列夫的言论根本没有触及精髓。

如果一个生命体或者器官中为了某种实际的目的,例如飞翔、游泳、视物、进食、繁殖,或者更加广义地说维持生存和组织基因复制,而嵌入了一个智能的引擎,那么我们可以说这是一个优美的设计。我们不必假设一个生命体或者器官是其引擎能够想像到的最佳设计。毕竟,一个引擎的最佳设计往往会被另外一个引擎——尤其是被处于科技发展史后期的引擎——的最佳设计所超越。任何引擎都可以识别出于某种目的而被设计——即使是粗劣设计——出来的对象,你只要观察对象的结构,就可以明了其设计的目的。在第一章当中，我们主要从哲学层面进行了探讨。在本章当中,我将给出一个特殊的实例,我相信它能够给任何设

计师留下深刻的印象,这个实例就是蝙蝠的声纳(雷达)。在逐步解释的过程中,我会首先提出生命体面临的问题,然后我将考虑一个明智的设计师可能会考虑的解决方案,最后我会给出自然实际采用的解决方案。当然,这个例子仅仅用于举例说明。如果哪个工程师对蝙蝠感到惊讶的话,一定还有无数其他生命体的实例同样会令他惊讶。

蝙蝠的问题是:如何在黑暗中辨别方位。它们在夜晚进行狩猎,但是不能依靠光线帮助自己发现猎物和躲避障碍物。你可能会说,如果这是个问题的话,那么这个问题是它们自己造成的,它们只需要改变自己的习惯,在白天进行狩猎,就可以避免这个问题。但是白天已经被其他生物——例如鸟类——大量利用了。在必须夜晚谋生的前提下,在白天的时间已经被完全占用的前提下,自然选择赐予了蝙蝠擅长夜晚狩猎的本领。顺便说一句,夜间活动可以追溯到我们所有哺乳动物的祖先。在恐龙统治白昼的时代,哺乳动物的祖先们得以生存的原因是它们找到了在夜晚谋生的手段。只是在 6 500 万年前恐龙神秘地大规模灭亡之后,我们的祖先才得以大规模地从事白昼的活动。

还是回到蝙蝠身上来。它们遇到了一个技术问题:怎样在没有光线的情况下找到路和猎物。蝙蝠并不是惟一面临这一困难的生物。很明显,它们捕捉的在夜间飞翔的昆虫也必须能够辨别路径。深海中的鱼类和鲸鱼无论白天还是黑夜都几乎不见光线,因为太阳光无法穿透水体,到达如此深的海底。生活在极其浑浊的水中的鱼类和海豚也无法用眼睛视物,因为即使存在光线,也被水中的灰尘屏蔽或者反射掉了。大量其他的现代生物也是在难以或者无法视物的环境中谋生的。

对于如何在黑暗中谋生的问题,一位工程师会考虑怎样的解决方案呢？他可能想到的第一个解决方案是用灯笼或者探照灯来制造光线。萤火虫和某些鱼类(一般是在细菌的帮助之下)能够自身发光，但是这个过程似乎需要消耗大量的能量。萤火虫利用自身所发的光来吸引异性。这并不需要惊人的能量 雌性很容易在夜间在一定的距离之外看到雄性的小针状物,因为雌性的眼睛是直接暴露在光源之下的。但是利用光线为自己辨别路径则需要大量的能量，因为眼睛必须探察从周围环境反射回来的零星光线。因此,如果光源被用于顶灯照路的话,它必须比用于向外传递信号的情况要明亮很多。无论如何,不管是不是出自能量消耗的原因,除了某些奇特的深海鱼类和人类之外,没有任何动物利用制造出来的光线为自己照路。

那么这位工程师还会想到什么呢?盲人有时候似乎对于道路中的障碍物具有非常敏锐的感觉。这种感觉已经被命名为"面部视觉",因为盲人们表示这种感觉有点类似面部的触觉。有报道说,一个全盲的男孩儿能够依靠"面部视觉"骑着自行车绕着他家附近的街区飞快地行驶。实际上,实验表明,"面部视觉"与触觉或者脸的前部没有任何关系,尽管人会认为这种感觉源自于脸的前部,就像感觉义肢疼痛一样。事实证明,"面部视觉"实际上来自于耳朵。盲人实际上是利用自己的脚步和其他声音的回声来感知障碍物的存在的。在发现这一现象之前,工程师们已经制造出了利用这一原理的仪器,例如测量船底水深的仪器。在这种方法被发明之后,武器设计师们想到利用它来探测潜水艇只是时间问题了。二次世界大战的双方都非常倚重这些仪器,并命名为"潜艇探测器"(英国)和声纳(美国),以及类似的雷达技术(美国)和RDF(无线电测向器,英国),后者利用的是无线电的反射,而不是声音的反射。

声纳和雷达的先驱们当时并不知道，但是现在全世界都已经知道,蝙蝠或者说蝙蝠所接受的自然选择早在数千万年之前就完善了这个系统,它们的‘雷达’出色的探察和导航功能足以让工程师们莫名景仰。谈论蝙蝠的‘雷达’从技术上来说是不正确的,因为它使用的不是无线电波,而是声纳。但是雷达和声纳背后的数学理论是非常相似的,我们对于蝙蝠行为的理解大部分来自于雷达理论。美国动物学家唐纳德·格立芬——蝙蝠声纳的主要发现者——创造了‘回声定位法’这个词来概括动物和人类仪器使用的声纳和雷达的原理。在实际中,这个词更多的是用于指动物的声纳。

笼统地提及蝙蝠,似乎所有蝙蝠都别无二致的做法是具有误导性的,这就仿佛我们一口气说出狗、狮子、黄鼠狼、熊、土狼、熊、以及水獭,因为它们都是食肉动物一样。不同种群的蝙蝠使用声纳的方式是截然不同的,仿佛它们是各自独立‘发明’了声纳,就像英国人、德国人、和美国人独立发明了雷达一样。并非所有的蝙蝠都使用回声定位法。欧洲的热带果蝠拥有很好的视力,它们中的绝大多数只使用眼睛来辨别路径。但是,有一两种果蝠,例如Rousettus,能够在视力无用武之地的完全黑暗中辨别方向。它们使用的是声纳,但是这种声纳比我们熟悉的温带小型蝙蝠所使用的声纳要原始得多。Rousettus 在飞行的时候大声而有节奏地拍打舌头,通过测量每次拍打和回声之间的时间间隔来进行导航。我们能够清晰地听到Rousettus的大部分拍打(根据定义,它们是声音，而不是超声 超声是音调很高的、以至人类无法听到的声音)。

从理论上来说,一个声音的音调越高,它就越适合于精确的声纳。这是因为低音调的声音的波长很长，它无法分辨相隔很近的物

体。因此,在所有其他条件都相同的情况下,利用回声作为制导系统的导弹最好能够产生高音调的声音。实际上,绝大多数的蝙蝠都使用音调极其高的声音——超声，人类的耳朵无法听到。Rousettus 拥有良好的视力，能够利用相对低音调的声音来进行微量的回声定位,以弥补视力的不足。与它不同的是,小型的蝙蝠似乎是技术更先进的回声机器,它们的眼睛很小,在绝大多数情况下不能视物。它们生活在回声的世界里,或许它们的大脑能够利用回声做一些类似‘ 看 ’图像的工作,尽管我们几乎不可能“ 呈现 ’这些图像的模样。它们制造出来的噪音太高了,人类根本无法听到。在大多数情况下,它们比任何人曾经听到过的、甚至想像得到的音调都要高得多。我们无法听到它们是一件幸运的事,因为它们非常强大,如果我们能够听到的话,一定是震耳欲聋，那时候我们想安心睡觉一定是不可能的了。

这些蝙蝠好像是微缩的间谍飞机,携带着‘ 先进的仪器 ’呼啸而过。它们的大脑是经过精心调整的电子技术的微缩包,并用能够实时对回声世界进行解码的软件进行了编程。它们的脸经常会扭曲成令人生厌的怪异的形状,然后我们才会发现,原来它是精心设计的、往想去的方向发射超声波的仪器。

尽管我们无法直接听到这些蝙蝠发出的超声波脉冲,但是我们可以通过一种翻译机器或者说‘ 蝙蝠探测仪 ’来获得大致的印象。它能够通过一种特殊的超声波麦克风收集脉冲,并把每个脉冲转换成可以通过耳机听得到的咔哒声。如果我们携带着这样一台‘ 蝙蝠探测仪 ’来到蝙蝠猎食的空旷地,当蝙蝠发出脉冲的时候,我们就能够接收到——尽管我们无法听到真正的脉冲声音。如果这种蝙蝠是 Myotis——种常见的褐色小蝙蝠,那么在编蝠正常飞

行的时候，我们就能够听到每秒钟 10 次的低低的咔哒声。这个速度跟标准的电传打字机、或者布伦式轻机枪的速度大致相当。

假设在编蝠的眼中，它在其中飞翔的环境每秒钟改变 10次。只要我们的眼睛是睁开的,那么我们眼中的视觉图像也会连续地更新。我们可以在夜间使用一台频闪观测仪,来观看间歇式更新的世界图像是什么样子。有时候在迪斯科舞厅会发生这样的情况，而且会带来戏剧化的效果。一个正在跳舞的人看起来好像是木木偶似间歇地动作着。显而易见,我们把闪光灯设置得越快,图像就与正常的‘ 连续 ’移动的图像越接近。每秒钟‘ 取样 ’10 次的频闪观测仪可以满足普通用途的需要,但是还不足以适应接球或者捕捉昆虫的要求。

不过,这只是蝙蝠在正常飞行情况下的取样率。当褐色的小蝙蝠发现了一只昆虫,并且开始进入捕捉行动的时候,它的取样率就会增加。当蝙蝠即将接近移动目标的时候,它的取样率可以高达每秒钟 200 次,远远高于机关枪的速度。为了模拟这种情况,我们必须加快频闪观测仪的速度,使它的速度达到电源频率(在荧光条形照明灯下人们通常注意不到)的两倍。很明显,即使在打壁球或者乒乓球的时候,视觉世界以那样高的频率‘ 脉动 ’的情况下,我们也能够正常发挥所有的视觉功能,而不会遇到任何麻烦。如果假设蝙蝠的大脑像我们的大脑一样建立世界的影像,那么脉冲率本身就足以说明,蝙蝠的回声影像至少跟我们的视觉影像一样具体和‘ 连续 ’。当然,可能有其他原因使得其影像不如人那样的具体。

如果蝙蝠能够把取样率提高到每秒钟 200 次,它为什么不始终保

持这种取样率呢?既然在它的‘频闪观测仪’上有一个频率控制“调节器”,它为什么不把它始终调节到最高,从而使得对世界的感知始终最准确,以应对紧急情况呢?原因之一是这么高的频率只适用于近距离的目标。如果后一次脉冲与前一次脉冲相隔太近的话,它会跟从遥远的目标返回的回声重叠在一起。即使情况不是如此,不能始终保持最高的脉冲频率也有很充足的经济方面的原因。产生很高的超声脉冲的成本一定也会很高,不仅消耗能量、消耗声音和耳朵,还可能消耗大脑的计算时间。每秒钟处理200次不同回声的大脑可能没有余力考虑其他的事情。即使每秒钟10次的‘怠速’也可能是成本很高的,但是要比每秒钟200次低得多。提高脉冲频率的蝙蝠将消耗更多的能量,而且声纳的精度却不一定能够提高。当在蝙蝠周围惟一的移动物体就是蝙蝠自身的时候,在连续的1/10秒内,周围的世界已经足够熟悉了,不需要更频繁地取样。当附近出现另外一个移动物体——尤其是一只竭尽全力摆脱捕猎者的飞翔着的昆虫——的时候,蝙蝠增加取样率的额外收益大于额外成本。当然,本段中所有关于成本和收益的考虑都只是推测,但是类似于此的事情必然是在发生的。

着手设计收效声纳或者雷达设备的工程师很快就遇到了一个问题,也就是必须使得脉冲的声音非常大。这些脉冲的声音必须很大,因为声音在传播的时候,它的波峰会像一个不断扩大的球一样前进。声音的强度分布——或者从某种意义上来说‘稀释’——在球的整个表面。任何球的表面积都与半径的平方成正比。因此,随着波峰的前进和球的膨胀,在任何特定点上的声音的强度,不是与声源之间的距离成比例,而是与该距离的平方成比例地降低。这就是说，声音在远离声源之后，会非常迅速地减弱。

当已经减弱的声音遇到一个物体——例如苍蝇—— 的时候,它会从苍蝇身上反射回来。反射回来的声音又以不断膨胀的球面波峰进行辐射。出于与原声音同样的原因,随着与苍蝇距离的平方的增大,声音也会减弱。当回声再一次到达蝙蝠的时候,其强度的减弱不是与距离苍蝇的远近成反比,甚至也不是与这个距离的平方成反比,而是与距离平方的平方,即四次方成反比。这就是说,它已经非常非常微弱了。如果蝙蝠在发送声音的时候使用扩音器,这个问题能够得到部分的解决,但是只有当它已经知道目标的方向之后,它才能够这样做。在任何情况下,如果蝙蝠要从一个遥远的目标收到足够响的回声,它所发出的声音必须足够响亮,而且探测回声的仪器——耳朵——也必须对微弱的声音十分敏感。正如我们所看到的那样,蝙蝠的叫声非常响亮,它们的耳朵也非常敏感。

接下来的问题将沉重打击试图设计类蝙蝠机器的工程师。如果麦克风、或者耳朵足够敏感的话,它就处于被自己发出的巨大脉冲声音严重损害的巨大危险之中。试图通过降低声音来解决这个问题是不可行的,因为如果那样的话,回声就会更弱,以至于无法接听。而且,试图通过增加麦克风(耳朵)的灵敏度来解决问题的做法也不可行,因为这样耳朵将更容易受到损害。这个两难境地源自于发出的声音和返回的回声的强度之间的巨大差别,这个差别则是源自于无情的物理定律。

工程师能够想到什么其他的解决方案呢？当二战中雷达的设计者遇到类似问题的时候,他们偶然发现了一个称为‘发送–接收雷达”的解决方案。发送出去的雷达信号是强度足够大的脉冲,它有可能破坏高度敏感的、等待接收微弱的返回信号的天线。“发

送—接收'电路会在发送脉冲之前暂时断开接收天线,然后在要接收回声的时候重新打开天线。

蝙蝠在很久之前——或许是在我们的祖先从树上来到地面之前几百万年——就建立了一种'发送一接收'开关技术。它的工作原理是这样的:在蝙蝠的耳朵里面,声音从耳鼓通过三块分别叫做锤骨、砧骨、镫骨的小骨头,传递到声音敏感细胞。这三块骨头的安装就好像是一个高保真机,工程师可能会设计它来实现必要的'阻抗匹配'功能。重要的是,某些蝙蝠的镫骨和锤骨上附着着发达的肌肉,当这些肌肉收缩的时候,这些骨头传递声音的效力就会下降,就好像人用拇指堵住振动膜防止麦克风扩音一样。蝙蝠能够利用这些肌肉暂时关闭自己的耳朵。在蝙蝠发出脉冲之前,这些肌肉会立即收缩,从而将耳朵关闭,以免受到很响的脉冲的伤害。随后,这些肌肉会放松,耳朵又恢复到最大的敏感度,以便接收回声。这种发送一接收开关系统只有在每秒钟数次的精确度之下才能够发挥作用。一种叫做'塔达里达'的蝙蝠的开关肌肉能够每秒钟交替收缩 50 次,跟机关枪似的超声波配合得天衣无缝。这种时间计算能力是非常强大的,简直可以与一战时的一些战斗机的性能相媲美。这些战斗机的机关枪在螺旋桨之间发射,其发射时机与螺旋桨的转动经过了仔细的协调,使得子弹总是能够穿过螺旋桨叶片之间的空隙,不会打到螺旋桨上面去。

我们的工程师接下来可能会遇到的问题是:如果声纳设备是通过测量从声音发射到接收到回声之间的沉默间隙来测量距离的话——Rousettus 使用的就是这种方法——那么,声音必须是非常简短、断续的脉冲。一个声音如果延续的时间过长,它还没有结束的时候,回声就已经返回了,即使发送一接收肌肉部分减弱了

这个声音,它也可能妨碍对于回声的探测。理想状态是,蝙蝠的声音应该是非常简短的。但是,声音越简短,它的能量也越难产生一个质量较高的回声。由于物理学定律,我们似乎又遇到了一个不幸的折中局面。我们聪明的工程师可能会想到两个解决方案,他们在研究雷达的过程中,遇到这个问题的时候,确实也想到了这两个方案。这两种方案的优劣取决于测量距离(对象离仪器的远近)和测量速度(对象相对于仪器运动的快慢)二者哪个更为重要。雷达工程师们把第一种解决方案称为“线性调频雷达”。

我们可以把雷达信号看做是一系列的脉冲,但是每次脉冲都有一个载波频率。它相当于声波或者超声波的音调。正如我们所看到的那样,蝙蝠的脉冲重复率为每秒钟几十次或者几百次。每一次脉冲的载波频率为每秒钟几万或者几十万次。换句话说,每次脉冲的音调都非常高。类似的,雷达的无线电波的脉冲也具有很高的载波频率。线性调频雷达的特殊功能是,它的每次发射的载波频率并不固定,而是在大约上下八度音阶之间变化。如果你把它想像成声波的话,每次雷达发射听起来就好像狼嚎一样。与固定音调脉冲相比,线性调频雷达的好处在于,当回声返回的时候,原始的发射音是否结束无关紧要,它们不会彼此混淆。这是因为任何时间探测到的回声都是较早时候发射音的反射,从而具有不同的音调。

人造雷达的设计者们很好地利用了这个巧妙的设计。有没有证据表明,蝙蝠也‘发现’了这个技巧,并把它应用到自身的发送—接收系统中去呢?事实上,有无数种蝙蝠确实能够产生减弱的叫声,幅度通常在一个八度音阶之内。这些狼嚎般的叫声称为调频(FM)。它们似乎正是线性调频雷达所需要的。但是,到目前为

止的证据表明,蝙蝠使用这种技巧的目的并不是为了区分回声和原始的声音,而是为了更微妙的任务,那就是区分回声和另外的回声。蝙蝠生活在近距离回声、远距离回声、以及中距离回声的世界里。如果它发出减弱的叫声,也就是狼嚎般的叫声,就可以通过音调来很好地区分回声。当来自于远距离物体的回声最终到达蝙蝠的时候,它比从近距离物体返回的回声"更古老",因而音调更高。当蝙蝠面临着多个物体返回的回声的时候,它就可以应用这样的经验规则:音调越高,距离越远。

我们的工程师可能想到的第二个聪明的解决方法,就是利用物理学家们称为"多普勒位移"的现象,这种方法尤其适合测量移动目标的速度。它也可以被称为"救护车效应",因为人们最熟悉的现象就是当救护车从倾听者身边高速经过的时候,救护车警报的音调会突然降低。当一个声源(光源或者任何其他波源)和声音的接收者相对运动的时候,就会发生多普勒位移。最简单的方法就是,想像声源不动,而倾听者在移动。假设一家工厂房顶的警报器在以一个音调不停地呼啸。声音以一系列声波的形式向外传播,人眼是无法看到声波的,因为它们是空气压力所产生的波。如果我们能够看到它们的话,它们的形状就像是我们将石块扔进平静的池塘所产生的向外扩散的同心圆一样。想像我们把一系列的石块快速地连续扔进池塘,波就会从中心不断地向外扩散。如果把一艘小玩具船停在池塘中某个固定的位置上,小船就会随着从它下方经过的波一起有节奏地上下颠簸。小船颠簸的频率就好像是声波的音调。现在,假设这条船不是停泊在原地,而是跨越池塘,向波源的方向前进。当它遇到连续的波峰的时候,还是会上下颠簸。但是现在,它遇到波的频率将增加,因为它是在向波源前进。它颠簸的速度也会加快,而当它经过波源并向远离

波源的方向前进的时候，它颠簸的频率将会明显地降低。

出于同样的原因,假如我们乘坐一辆飞快的(最好是安静无声的)摩托车经过一个呼啸着的工厂警报器,接近工厂的时候,音调就会提高 我们的耳朵实际上以比静止不动的时候更快的速度接受声波 同样的,当我们的摩托车经过工厂并远离它的时候,音调就会降低。如果我们静止不动，那么我们听到的将是真实的警报声,它是介于两种多普勒位移之间的音调。因此,如果我们知道警报的确切音调,从理论上来说,我们可以将听到的音调跟已知的“真实”音调进行比较,就可以知道我们向声源前进或者远离声源的速度。

在声源移动而倾听者静止的情况下,这个原理同样适用。这就是救护车现象的原因。据不太可信的传说,克里斯廷·多普勒为了展示这个效应,雇佣了一个军乐队在敞篷的火车上演奏,令经过的观众惊讶不已。这是相对运动在起作用，就多普勒效应而言，究竟是运动的声源经过耳朵,还是运动的耳朵经过声源,都无关紧要。如果两辆火车从相反的方向擦肩而过,各自的速度都是每小时 125 英里[①],一辆火车中的乘客将听到另外一辆火车的呼啸声由强突然转弱，因为相对速度是每小时 250 英里。

多普勒效应也被用于警察的雷达测速仪。一台静止的发射仪沿着公路方向发射雷达信号。雷达波从迎面而来的汽车身上反射回来,会被接收装置捕获,汽车运动得越快,多普勒效应就越明显。通过比较发出的波频和反射回来的波频,警察或者说自动仪

① 1 英里=1.6093 公里——编者注。

器就能够计算汽车的速度。如果说警察能够利用这种方法来测量飚车族的车速的话,难道我们不敢想像蝙蝠也能利用它来测量猎物的速度吗？

答案是肯定的。一种叫做‘马蹄铁蝙蝠’的小型蝙蝠很早就知道发射长时间的、固定音调的叫声,而不是短促的、或者减弱的狼嚎式的叫声。我所说的长时间,是按照蝙蝠的标准来说的。它的叫声仍然不超过 1/10 秒。而且在每一次叫声的末尾还会附加一次“狼嚎”。首先,想像一只快速飞向一个静止的目标——例如一棵树——的马蹄铁蝙蝠发出连续的超声波。波峰撞击树身的速度将加快，因为蝙蝠是朝向树飞行的。如果在树上隐藏一个麦克风,因为蝙蝠的运动,它会‘听到’越来越高的音调。实际上,树上并没有麦克风,但是从树身上反射回来的回声由于多普勒效应也会显得音调越来越高。从树身上反射回来的回声的波峰向蝙蝠前进,而蝙蝠也在快速地飞向回声。因此,由于进一步的多普勒效应,蝙蝠感受到的音调将更高。蝙蝠的运动导致了双重多普勒位移,其强度能够精确地反映蝙蝠的速度。通过比较自身叫声的音调和返回的回声的音调,从理论上来说,蝙蝠(或者说大脑中的计算机)就能够计算出它的飞行速度。这虽然不能告诉蝙蝠树的距离有多远，但是仍然能够提供有用的信息。

如果反射回声的目标不是一棵静止的树，而是一只运动的昆虫,多普勒效应的结果将更加复杂,但是蝙蝠仍然能够计算它和目标之间相对运动的速度,很明显,这正是像蝙蝠一样的精确制导导弹所需要的信息。实际上,还有一些蝙蝠所使用的技巧,比简单地发射固定音调的声波再测量回声音调更加有趣。它们小心地调整发射出去的叫声的音调,从而保持经过多普勒位移的回声的

音调保持不变。当它们快速飞向一个运动物体的时候,它们的叫声的音调是在不断变化的,它们在不断地寻找能够使得回声保持固定音调的叫声的音调。这种巧妙的做法使得回声的音调保持在它们的耳朵最敏感的区域——这一点是非常重要的,因为回声是很微弱的。这样,通过监测它们为保持恒定回声音调而必须发出的音调的高低,就能够获得进行多普勒计算所需要的信息。我不知道人造的仪器——无论是声纳还是雷达——有没有使用这个技巧。但是由于这个领域的许多聪明的想法都是首先由蝙蝠发现的，我不介意打赌说答案是肯定的。

可以预期,这两种截然不同的方法——多普勒位移法和线性调频雷达法——将被用于不同的特殊目的。某些种类的蝙蝠擅长其中的一种方法,其他种类的蝙蝠擅长另外一种方法。某些种类的蝙蝠似乎试图兼收并蓄,把调频式' 狼嚎 '附加到长时间的、固定频率的叫声的末尾(有时候是开始)。马蹄铁蝙蝠的另外一个有趣的技巧是活动外耳翼。跟其他蝙蝠不同的是,马蹄铁蝙蝠能够将外耳翼快速地前后移动。可以想像,接听表面相对于目标的快速移动导致了对多普勒位移的有用调制，从而提供了额外的信息。当耳朵朝向目标移动时,蝙蝠朝向目标移动的表面速度就会增加 当耳朵远离目标移动的时候,结果则相反。蝙蝠的大脑' 知道 " 耳朵的运动方向，能够利用这些信息进行必要的计算。

或许,蝙蝠面临的最棘手的问题就是来自于其他蝙蝠叫声的干扰所造成的危险。但是人类试验者却惊奇地发现,即使向蝙蝠播放极强的超声波，也很难干扰蝙蝠的活动。人们后来才发现了原因。蝙蝠一定是在很早之前就已经解决了避免干扰的问题。许多种蝙蝠都是成群栖息在山洞中的,它们发出的超声波和回声必

定是噪杂无章、震耳欲聋的,但是蝙蝠仍然能够在洞中迅速地飞来飞去,在一团漆黑当中,既不会撞到墙壁,也不会彼此碰撞。蝙蝠是怎样追踪自己的回声,避免被其他蝙蝠的回声误导的呢?工程师可能会想到的第一个方案是对频率进行编码 每一只蝙蝠都有自己独特的频率，就像一个个独立的电台一样。在某种程度上,可能是这样,但又不完全是这样。

蝙蝠是怎样避免其他蝙蝠的干扰的？人类还没有彻底弄清楚这个问题,但是一个试图干扰蝙蝠的试验却提供了有趣的线索。这个试验表明,如果人为滞后地向它们播放它们自己的叫声,就可以欺骗某些蝙蝠。换句话说，就是给它们听自己叫声的假回声。甚至可以通过小心地控制滞后性假回声的电子仪器,使得蝙蝠准备降落在‘ 幻觉中的 ’岩脊上。我想,这就相当于蝙蝠透过眼镜看世界一样。

蝙蝠似乎使用的是一种可以称之为‘ 异物过滤器 ’的东西。蝙蝠叫声的一系列连续的回声描绘了一幅周围世界的图画,这幅图画只有跟之前的回声所描述的图画相似的情况下,才会对蝙蝠有意义。如果蝙蝠的大脑听到另外一个蝙蝠叫声的回声,并且试图借此融入之前已经建立起来的世界图画的话,它将不会成功。它将使得先前世界中的物体突然发生了随机跳动。现实世界中的物体是不会发生这样的疯狂举动的,因此大脑可以放心地把它当作背景噪音过滤掉。如果人类试验者向蝙蝠播放人为滞后或者加快的它自身叫声的回声,这些假回声将会对蝙蝠先前建立起来的世界图画产生影响。异物过滤器会接受这些假回声,因为有先前的回声做背景,这些回声就显得可信了,会导致物体的位置似乎略微发生了移动的假象，这似乎完全符合现实世界中物体的能

力。蝙蝠的大脑依靠这样的假设 每一次回声所描绘的世界图画要么与前一同一回声描绘的世界图画相同，要么只有略微的差别 例如,被追踪的昆虫的位置可能发生了稍微的变化。

哲学家托马斯 · 内戈尔曾经写过一篇著名的论文,名字叫做《蝙蝠的世界是怎样的 》。这篇论文对于蝙蝠着墨并不多,更多的是讨论这样一个哲学问题,即想像成为另外一种生物将是什么样子。蝙蝠之所以总是成为哲学家手中的一个生动的例子,是因为作为一只依靠回声定位的蝙蝠的体验是非常奇特的,与我们的生活完全不同的。如果你想尝试一下当蝙蝠的感觉,你可以走进一个山洞,大声叫喊着,敲打两把汤匙,小心地测量你听到的回声，然后计算墙壁与你之间的距离。这样的做法无疑具有严重的误导性。

以下所讲的“我们是怎样看到颜色的”比“假如我们是一只蝙蝠”更加能够说明问题 使用一个仪器测量进入你的眼睛的光线的波长—— 如果是长波,你看到的是红色 如果是短波,你看到的是紫色或者蓝色。这恰好是一个物理事实,即我们称之为红色的光的波长大于我们称之为蓝色的光。不同的波长分别刺激我们视网膜上的红色敏感细胞和蓝色敏感细胞。但是,我们对于颜色的主观感觉中丝毫没有波长的概念。看到的是蓝色或者红色并没有告诉我们谁的波长更长。如果必要的话，我们只是记住这个事实,或者去查阅书籍。类似地,蝙蝠利用我们所说的回声来感知昆虫位置。但是当蝙蝠在感知昆虫位置的时候,它一定不会用回声的滞后来考虑问题,就像我们在感知蓝色或者红色的时候,也不会想到波长一样。

事实上,如果我不得不去尝试不可能的事情、去想像假如我是一只蝙蝠世界将会怎样,我会认为回声定位对于蝙蝠而言,就像视觉对于人类。我们是彻底的视觉动物,根本没有意识到视觉是多么复杂的事情。物体之所以'在那里',是因为我们认为我们'看到'它们在那里。但是我怀疑我们的感知实际上是大脑里的一个复杂的电脑模型,这个模型是建立在对来自于外部,但能被转换成可用形式的信息的基础之上的。外部光的波长的差别被大脑中的计算机模型编码成颜色的差别。形状和其他属性也被以同样的方式进行编码,成为容易处理的形式。对于我们来说,视觉与听觉的差别是相当大的,但是这并非直接源于光和声音的物理差别。毕竟,光和声音都被各自的感觉器官翻译成了同类的神经刺激,无论这种刺激传递的是关于光的信息,还是关于声音或者气味的信息。视觉与听觉和嗅觉之所以具有重大差别的原因,在于大脑认为对视觉世界、听觉世界、气味世界使用不同的内部模型是相当方便的,是因为我们在内部以不同的方式、为不同的目的使用视觉信息和声音信息,而不是因为光和声音之间的物理差别,才造成视觉和听觉有如此大的差别的。

但是蝙蝠利用声音信息的目的与我们利用视觉信息的目的是基本相同的。它利用声音来感知并不断重复感知三维空间中物体的位置——正如我们利用光线来感知一样。它所需要的内部计算机的模型,是能够适应在内部代表三维空间中物体的位置变动的模型。我认为,一个动物的主观体验所采取的形式,就是其内部计算机模型的一个属性。在进化过程中,这个模型将根据其对于内部表示的适应性进行设计,而与外部的物理刺激无关。蝙蝠和我们需要相同类型的内部模型来表示三维空间中物体的位置。至于蝙蝠利用回声的帮助来构建这个模型,而我们利用光线的帮

助来构建这个模型,与问题的实质无关。无论如何,外部信息在进入大脑之前都会被转换成神经刺激。

因此,我猜想,蝙蝠'视物'的方式跟人大致相同,尽管将外部世界转换成神经刺激的物理媒介——超声波和光线——是完全不同的。蝙蝠甚至可以利用我们称之为颜色的感觉用于它自己的目的——来代表外部世界的差别,它与波长毫无关系,但是对于蝙蝠所发挥的作用与颜色对我们所发挥的作用非常类似。或许雄蝙蝠的身体表面有一些精细的纹理,从它身上反射回去的回声被雌蝙蝠感知为绚丽的颜色,此时,声音就相当于极乐鸟的华丽羽毛。我所说的并不是比喻。有可能雌蝙蝠对于雄蝙蝠的主观感觉就是鲜红色,跟我看到火烈鸟时的感觉一样。或者至少,蝙蝠对于它的配偶的感觉与我对火烈鸟的感觉之间的差别,同我对火烈鸟的感觉与火烈鸟对火烈鸟的感觉之间的差别,并没有多大差别。

唐纳德·格立芬曾经讲述了一个故事，说的是在1940年他和他的同事罗伯特·加勒姆布斯首次在动物学家会议上公布他们对于蝙蝠回声定位的新发现时所发生的一些事情。一位著名的科学家愤怒地表示了自己的怀疑：

> 他抓住加勒姆布斯的肩膀,用力地摇晃,批评我们不应该提出如此令人无可容忍的观点。当时,雷达和声纳仍然被列为尖端的军事技术,对大多数人来说,认为蝙蝠可与最新的电子工程伟绩相提并论的观点,不仅是难以置信的,而且令人反感。

这位著名的怀疑者很容易获得同情者。人们难以相信这种观点是有原因的。人的能力是有限的。正是我们人类的感官无法做蝙蝠能够做到的事情这一事实，才使得我们难以接受这种观点。因为我们只能从人造仪器的层面来理解它,而且只能在纸面上进行数学计算,所以我们觉得难以想像一只小动物竟然能够在其大脑中实现。正是因为用来解释视觉原理的数学计算也是非常复杂和繁难的,所以人们都觉得难以接受这个小动物可以‘视物’的观点。我们的怀疑体现出双重标准的原因是十分简单的—— 我们可以视物，而不能利用回声定位。

我可以想像在另外一个世界中,一些博学的、全盲的、类似蝙蝠一样的生物正在举行会议,当它们听说叫做人的动物竟然能够利用新发现的、无法听到的、叫做‘光’的射线来辨别道路而惊讶不已，因为这种射线还属于它们的高度军事机密。这些卑微的人类几乎是全聋的(他们可以勉强听到声音,只能发出一些很低沉的声音,而且他们只能将声音用于一些初级用途,例如彼此之间的沟通,他们甚至不能利用声音来探测体积相当大的物体)。相反,他们拥有高度专业化的器官,叫做“眼睛”,可以利用光线。太阳是光线的主要来源,人类能够了不起地利用从物体上发射回来的光线。它们拥有一种巧妙的设备,叫做‘晶状体”,它的形状经过数学计算,能够折射无声的光线,使得世界中的物体跟‘视网膜’细胞上的图像形成一一对应。这些视网膜细胞能够以神秘的方式“听到’光线,并把信息传递给大脑。我们的数学家们已经证明，从理论上来说,可以通过高度复杂的计算,利用这些光线在世界中安全地遨游,这跟我们通常使用超声波一样有效—— 有时候甚至更加有效！但是谁又曾经想到过这些卑微的人类竟然能够如此复杂的这些计算呢？

蝙蝠的回声定位只是我能够想到的优美设计的数以千计的例子之一。动物从外表上看起来似乎是由一个理论高深的、技艺高超的物理学家或者工程师设计的,但是没有迹象表明,蝙蝠像物理学家一样知道或者理解这些理论。蝙蝠应当被认为类似于警察用的雷达测速仪,而不是设计这个仪器的人。雷达测速仪的设计者理解多普勒效应的理论，并且可以用数学方程在纸上表达出来。设计者对于理论的理解体现在对仪器的设计之中,但是仪器本身并不理解它的工作原理。仪器包括电子部件,可以自动比较雷达频率，并把结果转换成便于理解的单位—— 每小时多少英里。其中涉及的计算是非常复杂的,但是完全在正确安装的、现代电子元器件的能力范围之内。当然,是一个复杂的大脑完成了安装(或者至少设计了安装程序),但是大脑并没有参与电子元器件的工作过程。

我们拥有的电子技术的经验,使得我们能够接受无意识的机器可以像它表现出来的复杂的数学思想一样工作的观点。这个观点可以直接转移到有生命的机器的工作上面来。蝙蝠就是一台机器,它的内部电子构造使得它的翅膀的肌肉能够追踪昆虫,就像一枚无意识的制导导弹追踪一架飞机一样。到目前为止,我们来自于技术的直觉都是正确的。但是我们对于技术的经验还使得我们认为有意识的、有目的的设计师的大脑是复杂机器的起源。这种直觉对于有生命的机器而言是错误的。对于有生命的机器而言"设计者"是无意识的自然选择,是"盲眼钟表匠"。

我希望读者跟我、以及威廉·帕列夫一样,对蝙蝠的故事感到肃然起敬。从某个角度来说，我的目标跟帕列夫的目标是一致的。我不希望读者低估自然的伟大作品和我们在解释这些作品时遇

到的问题。蝙蝠的回声定位—— 尽管在帕列夫的时代还不为人知——跟他所举的任何一个例子一样,都能够实现他的目的。帕列夫通过大量的实例,透彻地论述了自己的观点。他详细讨论了整个身体—— 从头到脚趾——说明了每一个部分就好像是精美设计的手表的内部结构。有许多原因使我也想这样做,因为其中有许多奇妙的故事可以讲述,而我喜欢讲故事。但是实际上没有必要堆砌实例,一两个例子已经足够了。能够解释蝙蝠飞行的假想也是解释生命界任何其他生物的很好候选者,如果帕列夫对于任何一个例子的解释是错误的话,我们也不可能通过罗列更多的例子使它变得正确。他的假想是,有生命的' 钟表 '是由一个" 钟表巨匠 '设计并制造的。我们现代的假想是,这个工作是由自然选择的逐步进化完成的。

现代的神学家们不像帕列夫那样直截了当。他们不会直指复杂的生命体,并说它们跟钟表一样,显然是造物者设计的。而是说," 难以相信 '这样的复杂性,或者说' 完美性是通过自然选择进化而来的 '令人难以相信。每当我读到这样的评论的时候,我总是会在边上的空白处写下' 自我辩护 '的字样。伯明翰主教休 · 孟特菲奥雷在最近的新书《上帝的可能性》中列举了无数的例子(根据我的统计,一章中有 35个)。在本章的剩余部分里,我将借用这本书中的例子,因为这是一位著名的、博学的作家所做的比自然神学更新的真诚尝试。跟他的神学同事不同,孟特菲奥雷主教并不惧于指出,上帝是否存在的问题是一个明确的事实问题。他没有使用' 基督教是一种生活方式。上帝是否存在的问题已经消除了 它只是现实主义的幻想所造成的错觉 '之类的废话作为托词。他的书的一部分讲述的是物理学和宇宙学,对于这些内容我没有能力做出评论,但是我注意到他似乎是将真正的物理学家引

为权威。在生物学部分他也会这样做吗？不幸的是，在这里他似乎偏爱引用亚瑟·科斯特勒、弗莱德·霍伊尔、高登·赖特利·泰勒以及卡尔·帕伯的著作！这位主教相信自然选择，但是无法理解自然选择足以解释进化的过程(部分原因可能是他像许多其他人一样，将自然选择可悲地误解为‘随机的’和‘无意义的’)。

他大量引用可以称为‘个人怀疑主义’的论点。我在其书的某一章中发现了以下的字句，顺序如下：

> ……似乎没有发现达尔文主义的根据……要解释决不容易……很难理解……不容易理解……同样难以解释的是……我觉得难以理解……我发现不容易理解……我认为难于理解……要进行解释似乎并不可行……我不明白怎样……新达尔文主义似乎不足以解释许多复杂的动物行为……难以理解这些复杂的行为怎么能够只通过自然选择得以形成……不可能……这么复杂的器官是怎么进化来的……并不容易理解……难以理解……

正如达尔文所指出的那样，个人怀疑主义的论点是不堪一击的。在某些情况下，这些论点完全建立在无知的基础之上。例如，这位主教认为难以理解的一项事实就是北极熊为什么是白色的：

> 说到伪装，新达尔文主义并非始终能够容易地解释这一点。如果北极熊在北极处于统治地位的话，那么它们似乎没有必要进化成拥有白色伪装的皮毛。

这些话可以翻译成这样：

> 我坐在书房里,毕生从来没有去过北极,从来没有见过野生的北极熊,一直接受经典著作和神学的教育,到目前为止,还没有想出北极熊能够从白色皮毛获益的原因。

在此,他的假设是只有被捕猎的对象需要伪装。他忽略的事实是“猎手”也能够从伪装起来、不被猎物发现中获益。北极熊会悄悄地靠近歇息在冰面上的海豹。如果海豹从远处就可以看到北极熊,它就可以逃脱掉。我怀疑,如果他能够想像到雪地上的一只灰熊试图接近海豹的话,这位主教很快就能够找到问题的答案。

事实证明,关于北极熊的争论很容易被消除,但是从某个重要的意义上来说,关键并不在于此。即使世界上最权威的人也无法解释某些生物现象,这并不意味着它是不可解释的。许多谜团延续了几个世纪,最终还是得到了解释。绝大多数的现代生物学家都能够很轻松地用自然选择理论解释这位主教提出的 35 个例子,只不过并不是所有的例子都像北极熊那样简单而已。但是我们并不是在考验人的智力。如果我们发现自己对某个例子无法进行解释,我们不会得出冠冕堂皇的结论,借以掩饰自己的无能。达尔文自己也非常清楚这一点。

个人怀疑主义还有更加严肃的版本,这个版本不是简单地建立在无知或者智商低下的基础之上。其中的一种论点直接使用了所有的人在面对高度复杂的‘机器’时产生的‘奇迹’感,例如蝙蝠完美的‘回声定位设备’。其潜台词就是 如此美妙的事物不可能是通过自然选择进化而来的。这位主教引用了 G. 贝内特关于蜘蛛网的论述:

> 一个观察了它几个小时的人,不可能会怀疑现代的蜘蛛或者它们的祖先都不可能是蛛网的建造者,它也不可能是逐步随机变异的结果。假设错综复杂、绝对均衡的帕台农神庙是通过堆砌大理石块而建成的想法无疑是荒谬可笑的。

并非不可能。这正是我所坚信的,而且我对于蜘蛛和它们的网还有一些亲身经历。

这位主教接下去谈论了人的眼睛。他用华丽的辞藻提出了一个问题,并且暗示其没有答案:"像这样一个复杂的器官,是怎样进化而来的呢?"这不是一个论点,而只是强调了他的怀疑。这种对达尔文所说的"极端完美和复杂的器官"的直觉怀疑的潜在基础有两点。

首先,我们对于进化所用的极长时间没有直觉上的了解。绝大多数自然选择的怀疑者都能够接受这样的事实:从工业革命至今,各种蛾子的颜色就发生了微小的变化——例如变黑。但是,在接受了这一点之后,他们又会指出,这个变化简直太微不足道了。正如主教暗示的那样,黑色的蛾子并不是新的品种。我同意这只是一个微小的变化,跟眼睛、回声定位设备的进化无法相提并论。但是,蛾子只花了 100 年的时间来进行进化。对我们来说,100 年似乎是很长的时间,因为它比我们的一生还要长。但是对于地质学家来说,那比他通常测量的时间要短 1 000 倍!

眼睛不会形成化石,所以我们不知道我们的眼睛花了多长的时间才进化到现在这样复杂和完美的状态,但是可用的时间是几亿年。你可以设想一下,人类在如此短的时间内就对狗进行了基因

选择。在几百年、或者几千年之内,我们就从狼获得了叭儿狗、牛犬、吉娃娃、圣伯纳德狗。你可能会说:"啊,不过它们还是狗,不是吗?""它们不是并没有变成不同'种类'的动物?不错,如果你喜欢玩文字游戏的话,你可以把它们都称为狗。但是你可以想一想其中所花费的时间。如果把所有这些狗从狼进化而来所用去的时间比作正常的一步。那么,使用同样的步伐,你要走多远才能够回到露西和她的同类——最早的直立行走的人类化石——的时代?答案是大约 2 英里。你要走多远才能够回到地球进化的起点呢?答案是你必须从伦敦走到巴格达。你可以设想一下从狼进化到吉娃娃所发生的变化总量,然后乘以从伦敦到巴格达的步伐总数。这样,你就会对真正的自然选择中发生的变化的总量有一个直觉的理解。

对于像人的眼睛和蝙蝠的耳朵这样高度复杂的器官的进化的自然怀疑的第二个基础,是对概率论的直觉应用。孟特菲奥雷主教引用了 C. E. 雷文对布谷鸟的论述。这些鸟会把蛋下到其他鸟的巢里去,后者会毫不知情地充当养父母的角色。像许多生物适应一样,布谷鸟的做法绝不止于此。其他一些事实也证明了它们的寄生的生活方式。例如,母布谷鸟有在其他鸟的巢里下蛋的习惯,小布谷鸟有把寄主的小鸟推出巢外的习惯。这些习惯都能帮助布谷鸟成功地进行寄生生活。雷文继续写道:

> 可以看出,每一个步骤对于全局的成功都是至关重要的。但是每一个步骤本身都是无用的。整体必须同时取得成功。正如我们所看到的那样,随机发生这样一系列巧合的概率是微乎其微的。

原则上来说,这样的论点比那些纯粹的、赤裸裸的怀疑更值得尊敬。衡量一种情况的统计概然性是评价其可信度的正确方法。实际上,我们在本书中将多次使用这种方法。但是,你必须正确地使用它!雷文的论点有两处错误:(1)他混淆了自然选择与‘随机性’。突变是随机的,而自然选择却恰好是随机的对立面。(2)“每一个步骤本身是无用的”这句话并不正确,整个完美的工作必须同时实现的说法也是不正确的,每一个部分对于整体的成功都是至关重要的说法同样不正确。一个简单的、初级的、不成熟的眼睛、耳朵、回声定位系统、布谷鸟寄生系统等等也胜过一无所有。如果没有眼睛,动物就是彻底的盲目。如果有一半眼睛,即使动物无法聚焦获得清晰的图像,至少也可以发现捕食者运动的大致方向。而这完全可以决定生与死的区别。我将在下两章当中更加详细地阐述这些问题。

第三章　微小变化的累积

我们已经看到了生命体是多么不可思议,经过多么优美的“设计”而偶然出现的。生命究竟是如何出现的呢?答案——达尔文的答案——是从简单到足以偶然出现的原始个体逐渐地、一步步地转变而成的。逐步进化过程中的每一个后续变化与前期变化相比都简单到足以偶然发生。但是当你考虑最终产品与起点相比的复杂性时,你就会发现整个累积的过程绝非是偶然的过程,而是一个受到非随机生存引导的过程。本章的目的是展示“累积选择”作为一个基本的非随机过程的强大力量。

如果你在一个多卵石的海滩漫步,你会注意到那些鹅卵石并不是随机排列的。体形较小的鹅卵石往往出现在孤立的地区,而体形较大的鹅卵石则出现在其他的区域或者窄长的条形地带。这些鹅卵石经过了分类、排列和选择。居住在岸边的部落可能会对这种分类和排列感到惊讶,并且可能发展出一个用来解释它的神话,或许会把它归因于上天一个喜欢整洁和秩序的伟大神灵。对于这种迷信的观念,我们可能会付之一笑,并解释说这种排列实际上是物理学中的盲目的力量——在这个例子中是波浪的运动——造成的。波浪既没有目的,也没有意图,没有思想,更不必说喜好整洁的思想了。它们只不过是精力充沛地到处抛弃鹅卵石,体形大小

有别的鹅卵石对此的反应各异，从而停留在了海滩的不同位置上。这种微小的秩序实际上来自于无秩序，其中根本没有头脑的规划。

波浪和鹅卵石共同构成了一个能够自动创造非随机性的简单系统。世界上充满了这样的系统。我能够想到的最简单的例子是一个洞。只有比这个洞小的物体才能够通过它。这意味着如果你在洞的上方对物体进行随机的选择,通过某种力量对它们进行随机的摇晃和震动,经过一段时间之后,洞的上方和下方的物体就会非随机地进行分类,洞下方的空间将存有比洞小的物体。人类很早就开始利用这个创造非随机性的原则了,并制造出了非常有用的工具——筛子。

太阳系是一个由围绕太阳运转的行星、彗星和碎片组成的一个稳定的排列,它也是宇宙当中许多个这样的环绕系统之一。卫星距离太阳越近,它就必须运转得越快,因为只有这样它才能够抗拒太阳的引力,保持其稳定的轨道。对于任何一个特定的轨道,卫星能够保持在该轨道运转的速度是惟一的。如果卫星以其他的速度运转,它就会进入更远的太空,或者坠落到太阳之中,或者进入另外一个轨道。如果我们观察一下我们太阳系的行星,每一颗行星都在以能够使其保持在围绕太阳的轨道中的速度运转。这是出自有远见的设计而形成的奇迹?不,它只不过是另外一个天然'筛子'而已。很明显,我们看到的围绕太阳运转的所有行星一定都是以能够使其停留在轨道中的速度在运转,否则我们根本不会看到它们,因为它们无法停留在轨道中。同样明显的是,没有有意识设计的证据，它只不过是另外一种类型的筛子而已。

这种简单的筛选本身并不足以解释我们在生命体中看到的大量

非随机秩序。请回忆一下组合锁的类比。简单筛选能够得到的非随机结果大致相当于只用一个转盘打开一个组合锁 能否打开全靠运气。但是另一方面,我们在生命体中看到的非随机性就好比是一个巨大的具有无数转盘的组合锁。为了生成一个像血红蛋白这样的分子,血液中的红色素通过简单的筛选,就相当于将血红蛋白的构成元素氨基酸随机进行混合,希望它们依靠运气来生产血红蛋白分子。要完成这个任务所需要的运气是不可想像的,用艾萨克 · 阿西莫夫[①]等人的话来说就是绝对“ 难以置信 ”。

一个血红蛋白分子是由 4 条螺旋状缠绕在一起的氨基酸链组成的。让我们来考虑其中的一个链条。它包括 146 个氨基酸。生命体中一般包含 20 种氨基酸。将 20种事物在链条的 146个环节上进行排列的可能性是一个不可想像的巨大数字，阿西莫夫称其为‘ 血红蛋白数字 ”。这个答案虽然容易计算,但是无法将其表示出来。包含 146 个环节的链条的第一个环节可以是 20 种可能氨基酸中的任何一种,第二个环节也可能是 20种中的任何一种，两个环节的可能性是 20×20,也就是 400 第三个环节的可能性是 20×20×20,也就是 8 000; 146 个环节的可能性是 20 的 146 次方。这是一个惊人的庞大数字。100 万是在 1 的后面有 6 个 0, 10 亿是在 1 的后面有 9 个 0,而我们要找的这个数字,即‘ 血红蛋白数字 ’近似于在 1 的后面有 190个 0！ 这就是凭运气偶然生产血红蛋白的概率。而一个血红蛋白分子与生命体复杂性相比简直是小巫见大巫。很明显，仅仅依靠简单筛选本身根本不可能创造出井然有序的生命体，它只不过是创造生命秩序过程中的一个基本组成部分，远远不是全部。我们还需要其他的东西。为了说

① 艾 萨 克 • 阿西莫夫，1920 ～ 1992，俄裔美国科学家和多产作家。其作品包括《科学原理的通俗解释和科幻卷》,其中包括《基础三部曲》（1963 年）。

明这一点,我首先需要区分“一步选择”和“累积选择”。到目前为止,我们在本章中考虑的简单的筛子都是一步选择的例子,而生命组织则是累积选择的产物。

一步选择和累积选择的本质区别在于:在一步选择当中,被选择或者分类的个体,无论是鹅卵石还是别的其他东西,只经过一次分类;而在累积选择当中,它们却是反复进行的,也就是说,一个筛选过程的结果进入下一个筛选过程,依此类推,实体要经过许多代的选择或者分类,某一代选择的最终产物是下一代选择的起点,这个过程要延续许多代。我们很自然地借用“繁殖”以及“代”等与生命体相关联的词汇,因为生命体是我们已知的参与累积选择的最主要实例。它们实际上可能也是惟一参与累积选择的事物。但是在目前,我并不希望武断地做出结论。

有时候云朵经过风的揉捏和雕琢会呈现出我们熟悉的物体的形状。曾经有一幅广为刊登的照片,它是由一个小型飞机的飞行员拍摄的,看起来好像是耶稣在空中张望的面容。我们都曾经看到过一些能够使得我们联想到其他事物的云朵,例如一只海马,或者是一张笑脸。这些相似性来自于一步选择,也就是说是一次巧合。因此,它们并不具有说服力。黄道十二宫与动物之间存在一定的相似性,并由此而得名,例如天蝎、狮子等等,但是它们就像占星术士的预言一样不能令人信服。我们并不会因为这种相似性而感到惊讶,因为我们通过生物适应,已经成为累积性选择的产物。我们会认为昆虫与树叶之间、或者螳螂与一束花之间的相似性不可思议,但是云朵与黄鼠狼之间的相似却很少能够引起我们的关注,根本不值得招呼同伴来观看。而且,对于云朵究竟与什么东西最相似,我们会很快改变自己的观点。

哈姆雷特 你有没有看到远处的云朵很像一峰骆驼？
波洛尼厄斯 噢,它确实很像一峰骆驼。
哈姆雷特 我想它像一只黄鼠狼。
波洛尼厄斯 确实像一只黄鼠狼。
哈姆雷特 还是像一头鲸鱼？
波洛尼厄斯：非常像一头鲸鱼。

我不记得是谁首先指出 只要有足够的时间,一只随机猛敲打字机的猴子能够敲出莎士比亚的所有著作。最重要的条件是——有足够的时间。现在让我们把猴子所面临的任务限制一下。假设它要创造的不是莎士比亚的所有著作，而是一个简单的句子“我想它像一只黄鼠狼”,而且我们给它一个只有 26 个字母和一个空格键的键盘。那么，它写出这个句子需要多长的时间呢？

这个句子总共有 28 个字母，我们假设猴子会进行一系列谨慎的“尝试”,每一次都会在键盘上敲打 28 个字母。如果它打出了正确的句子,试验就结束了 如果它没有成功,我们允许它进行另一次 28 个字母的‘尝试”。我不认识猴子,不过幸运的是,我的 11 个月大的女儿是一个经验丰富的随机打字工具,她非常急于充当“猴子打字员”角色。以下就是她在打字机上打出来的句子：

UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM
S SS FMCV PU I DDRGLKDXRRDO
RDTE QDWFDVIOY UDSKZWDCCVYT
H CHVY NMGNBAYTDFCCVD D
RCDFYYYRM N DFSKD LD K WDWK
JJKAUIZMZI UXDKIDISFUMDKUDXI

其他一些重要的事情占去了她的时间,于是我不得不对电脑进行编程来模拟一个随机打字的婴儿或者猴子：

WDLDMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P
Y YVMQKZPGJXWVHGLAWFVCHQYOPY
MWR SWTNUXMLCDLEUBXTWHNZVJQF
FU OVAODVYKDGXDEKYVMOGGS VT
HZQZDSFZIHIVPHZPETPWVOVPMZGF
GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

依此类推。我们不难计算出需要等待多长时间,随机电脑(或者婴儿,或者猴子)才能够打出‘ 我想它像一只黄鼠狼 ’这个句子。让我们来考虑一下随机电脑或者婴儿或者猴子能够打出的长度正确的句子的总数。这跟我们在研究血红蛋白时的计算方法一样，而且得出的结果也同样庞大。首先总共有 27 个可能的字母(把空格算做一个字母),猴子碰巧正确打出第一个字母 M 的机会是 1/27 ；它正确打出前两个字母 ME 的机会是在正确打出第一个字母 M的前提下,正确打出第二个字母E ,因此概率是 1/27 × 1/27 ,等于 1/729 它正确打出第一个单词 METHINKS 中 8 个字母的概率是 8 个 1/27 相乘,也就是 1/27的 8 次幂 它正确打出整个句子的概率是 1/27 的 28 次幂,也就是 1/27 自乘 28 次。这是一个非常小的小数,大约等于一万百万百万百万百万百万百万分之一。也就是说，这个小句子就需要我们等待非常长的时间，更不必说莎士比亚的所有著作了。

随机变异一次选择的数目已经如此庞大了,那么累积选择呢 ?它的效率应当有多高呢 ?非常非常非常高,或许已经超出了我们的

想像。我们再一次利用猴子，不过这一次却使用完全不同的程序。首先,我们像以前一样选择一个由 28个字母组成的随机序列：

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

现在它对这个随机序列进行改良 反复地复制这个句子,但是在每一次复制的过程中都会出现一个小错误——“ 突变 ”。电脑对突变的无意义的句子—— 原始序列的‘ 后裔 ”—— 进行检查,选择最接近目标句子‘ 我想它像一只黄鼠狼 ’的序列。在这种情况下，在下一‘ 代 ’中胜出的序列恰好是：

WDLTMNLT DTJBSWIRZREZLMQCO P

这并不是一个明显的改进 !但是,这个过程在反复地进行,这个新序列又将产生突变的‘ 后裔 ”,于是又选择出一个新‘ 胜利者 ”。这个过程在一代代地延续。经过 10 代之后,用于‘ 改良 ’的序列已经变成：

MDLDMNLS ITJISWHRZREZ MECS P

经过 20 代之后,它变成了：

MELDINLS IT ISWPRKE Z WECSEL

现在，我们可以看出它跟目标句子之间已经存在了一定的相似性。经过 30 代之后，我们可以确信无疑：

METHINGS IT ISWLIKE B WECSEL

经过40 代之后，我们与目标句子之间仅有一个字母的差距：

METHINKS IT IS LIKE I WEASEL

我们在第 43 代实现了目标。在第二轮测试中，电脑从下面的序列 开 始 ：

Y YVMQKZPFJXWVHGLAWFVCHQXYOPY

经过(每 10代报告一次)：

Y YVMQKSPFTXWSHLIKEFU HQYSPY
YETHINKSPITXISHLIKEFA WQYSEY
METHINKS IT ISSLIKE A WEFSEY
METHINKS IT ISBLIKE A WEASES
METHINKS IT ISJLIKE A WEASEO
METHINKS IT IS LIKE A WEASEP

我们在第 64 代实现了目标。在第三轮测试当中，电脑从以下的序列开始：

GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

我们在经过41 代的‘ 选择性改良 ’之后实现了目标‘ METHINKS IT IS LIKE A WEASEL”。

电脑究竟花费了多长时间实现目标无关紧要。如果你确实想知道的话,我可以告诉你,在我出去吃午饭的时候,电脑就完成了测试,花费了大约半个小时的时间(电脑专家可能认为不应该这么慢,原因是这个程序是用 BASIC 语言编写的,相当于电脑的咿呀学语。我用 PASCAL 语言重新改写之后,整个测试只花了 11 秒)。对于这类工作,电脑比猴子要快一些,但是差别并不明显。真正重要的是累积选择花费的时间与单步选择花费的时间—— 一百万百万百万百万百万年—— 之间的差别。这是宇宙存在时间的一百万百万百万倍。可以说,与猴子或者随机编程的电脑打出目标句子所花费的时间相比,到目前为止宇宙的年龄小到可以忽略不计。但是,一台执行相同任务的、在累积选择约束之下的电脑所需要的时间少至 11 秒种,多则一顿午饭的时间。

因此,累积选择(每次改进,无论多么微小,都被用作未来建设的基础)和单步选择(每次尝试都是崭新的)存在着巨大的差别。如果革命性的进步不得不依赖单步选择的话,它永远不会发生。但是,如果盲目的自然力量能够建立累积选择的必要条件的话,将会产生奇妙的结果。事实上，这就是在这个星球上所发生的一切,我们人类就是最近的、或许也是最奇妙的结果。

我关于血红蛋白的计算仿佛构成了反对达尔文理论的观点,很奇怪,你竟然能够看着它而无动于衷。这样的人往往是自己领域中的专家,例如天文学家等等,他们认为达尔文仅仅用概率——单步选择—— 来解释生命组织。这种信念—— 达尔文所说的进化是‘ 随机 ’的—— 不仅是错误的,而且是站在了真理的对立面。概率在达尔文理论中只是微不足道的部分,最重要的部分则是累积选择，而它恰恰是非随机的。

云朵不能进入累积选择。不存在使得具有特定形状的云朵产生出类似自身的子云朵的机制。如果存在这样一个机制的话,看似黄鼠狼或者骆驼的云朵能够产生具有大致相同形状的子云朵,累积选择就有机会进行。当然，云朵有时候确实会分解形成子云朵,但是这并不足以形成累积选择。一个必要条件是子云朵应该更像自己的父系,而不是祖系。近年来,一些对自然选择理论发生了兴趣的哲学家似乎对这重要的一点有所误解 另外一个必要条件是一个特定云朵的生存和复制应当取决于它的形状。或许在某个遥远的星系中,这些条件确实存在,在数百万年过去之后,结果出现了虚无缥缈的生命形式。这可以是一部优秀的科幻小说——《白云》——但是对我们的目的而言,类似猴子／莎士比亚这样的电脑模型更加容易掌握。

尽管猴子/莎士比亚电脑模型有助于理解单步选择和累积选择之间的区别,但是它在某些重要方面可能发生误导。其中的一点是,在每一个选择性后代中,对突变的‘后代句子’进行判断的依据是与遥远的理想目标——“我想它像一只黄鼠狼”——之间的相似性。生活并不是这样的。进化并没有长期的目标,没有遥远的标靶,没有最终的完美结果作为选择的依据,尽管人类的虚荣心促使我们乐于接受我们人类是进化的最终目标的观点。在现实生活当中,选择的依据永远是短期的,要么是简单的生存,要么从更加广义上来说是繁衍成功。如果在几千年之后,后来看起来似乎是朝着某个遥远的目标进步的过程,也只不过是许多代短期选择的结果。累积性自然选择对于未来是盲目的,并没有长期的目标。

我们可以改变电脑模型,以考虑进这一点。我们也可以从另外的方面使得它更加现实。字母和单词具有人类的痕迹,所以,我们这一

次让电脑进行绘画。或许通过突变的累积选择,我们可以看到电脑中出现类似动物的形状。在开始的时候,我们不能嵌入特定的动物图像,我们希望作为随机突变的累积选择的自然结果而出现。

在现实生活中,每一种动物的形状都是通过胚胎发育形成的。进化之所以发生,是因为在连续的世代更迭中,胚胎发育有略微的不同。这些区别来自于控制发育的基因的变化(突变——这就是我说的过程中微小的随机因素)。因此,在我们的电脑模型中,我们必须具有等价于胚胎发育的东西,或者等价于能够突变的基因的东西。有许多种方法可以满足电脑模型中的这些要求。我选择了一种方式,并把它编入了电脑程序之中。我现在要描述一下这个电脑模型,因为我想它具有启发意义。如果你对电脑一无所知,你只要记住,电脑是严格遵照你的指令行动并经常带来令你惊讶结果的机器。对电脑的一系列指令称为程序。

胚胎发育是一个十分复杂的过程,难以在一台小小的电脑上现实地模拟,我们必须用某些简化的类比来代表它。我们必须找到一条简单的绘画规则,电脑能够容易地遵守,并且能够在' 基因 '的影响之下发生改变。我们应该选择怎样的绘画规则呢？电脑教科书经常用一个简单的树木生长图来解释他们' 递推 '编程法的效力 电脑首先画一条竖线,接着这条线一分为二,然后每一个分支又各自分成两个子分支,子分支又继续分成更小的分支,依此类推。这种方法之所以是' 递推 '的,是因为同样的规则(在这里是分支法则)适用于所有正在生长的树木。无论这棵树长得多么大，同样的分支法则适用于所有树梢的尖端。

递推的' 深度 '指的是在生长过程停止之前允许的分支的数目。图

2 显示的是当电脑严格遵守绘图规则，在不同的递推深度情况之下的结果。在较高的递推深度下，该模式变得非常复杂，但是你可以很容易从图 2 中看出，它仍然是同一个简单的分支规则的结果。当然，这正是现实的树木上发生的事情。橡树或者苹果树的分支模式看似复杂，但是实际上并非如此。基础的分支模式是非常简单的。这个模式应用于树木所有尖端—— 分支产生子分支，子分支又产生子子分支，依此类推——才使得整棵树高大而茂盛。

递推分支法则也是植物和动物胚胎发育的很好类比。我并不是说动物胚胎看起来像分叉的树木，事实上它们并不像。但是所有的胚胎都通过细胞分裂来生长。细胞总是分裂成两个子细胞。基因总是通过对本地的细胞以及细胞分裂的二分模式发生作用，而对整体施加影响。动物基因并不是整体的蓝图，正如我们可以看到的那样，基因更像是配方，而不是蓝图；而遵循这个配方的并不是发育中的整个胚胎，而是每一个本地细胞或者一连串的分裂细胞。我并不否认胚胎以及后来的成体拥有大型的身体。但是这种大型的身体来自于许多小的本地细胞的效应，这些本地的效应主要是二分模式的细胞分裂。基因正是通过影响本地的事件才最终对整个成体发生作用的。

图 2

因此，这个描绘树木的简单分支规则似乎

是模拟胚胎发育的可能方法。于是，我们把它编写进一个小小的电脑程序当中，命名为“发育”，并准备将其嵌入一个更大的名为“进化”的程序当中。作为编写这个大程序的第一步，我们现在要把注意力转移到基因身上。在电脑模型当中，我们用什么来代表基因呢？在现实当中，基因有两项功能：首先它们影响发育，其次它们会传递到下一代。现实的动物和植物拥有数万基因，但是我们只把电脑模型限制在 9 个。在电脑中每个基因都用数字代表，并称为基因的值。例如，某个基因的值可能是 4 或者 —7。

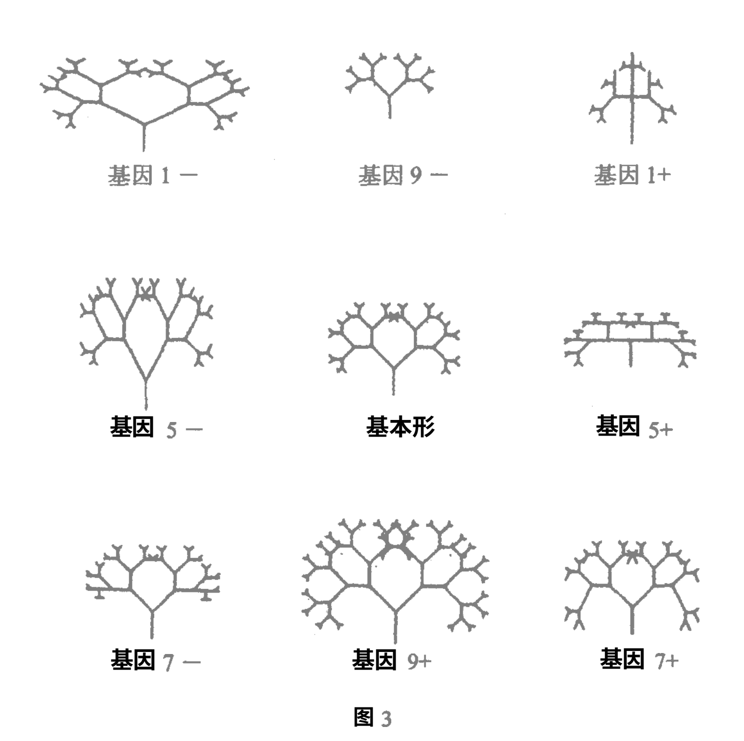


图 3

我们怎样让这些基因影响发育呢？它们能够做许多事情。基本的想法是它们可以对绘画规则发挥微小的影响。例如，一个基因

可能影响分支的角度，另外一个基因可能影响特定分支的长度。基因可以做到的显而易见的另外一件事情是影响递推的深度,也就是连续分支的数目。我为 9 号基因赋予了这项功能。你可以把图 2 看做是 7 个相关组织的图画,我不能具体说出其他 8 个基因的功能。你可以研究图 3 来大致了解它们的功能。在图的中央是基础树,来自于图 2。在这个基础树的周围是 8 个其他的树，除了一个基因被改变——突变——之外,其他基因都与基础树相同。例如,基础树右侧的树显示了基因 5 发生突变,使其值+1 之后的结果。如果空间足够大的话，我希望在基础树的周围画上 18 个突变树。原因是一共有 9 个基因，每个基因都可以向上突变(值增加 1)或者向下突变(值减少 1)。因此,18 个树足以代表所有可能的源自于中央基础树的一步突变。

每一棵树都有自身独特的‘基因公式”,也就是 9 个基因的数值。我没有写下基因公式,因为它们对你毫无意义。对于真正的基因也是如此。基因只有经过蛋白质合成,翻译成为胚胎发育规则之后才具有意义。在电脑模型中也是如此,9 个基因的数值只有在被翻译成树木分支模式之后才有意义。但是你可以通过比较两个已知具有特定基因差别的树体来了解基因的作用。例如,你可以将中央的基础树与它左右两侧的树进行比较,这样你就可以了解 5 号基因的作用。

这也是基因学家在现实中的做法。基因学家通常不知道基因是如何对胚胎发挥作用的,也不了解任何动物的完整基因公式。但是通过对两个已知存在特定基因差别的成年动物身体的比较,他们就可以看到该基因的效应。不过,现实中的情况更加复杂,因为基因的效应是相互影响的,而不仅仅是简单的叠加。电脑树也

同样如此，在后面的插图中我们将看到这一点。

你会注意到所有的形状都是左右对称的。这是我对‘ 发育 ’程序赋予的约束条件。这部分是出于审美的原因,部分是为了减少必须的基因数量(如果基因对树的两侧的影响不同,我们必须区分左右基因),第三个原因是我希望它演化成类似动物的形状,而绝大多数动物体都是对称的。出于同样的原因,从现在开始,我不再将这些生物称为‘ 树”, 而是改称为‘ 生物体 ’或者‘ 生物形态 ”。生物形态是德斯蒙德 · 莫里斯为他超现实主义绘画中模糊的动物形状所起的名字。我特别喜欢这些绘画,因为其中一幅用在了我的第一本书的封面上。德斯蒙德 · 莫里斯说,这些生物形态在他的大脑中‘ 进化 ”,可以通过连续的画作来追寻其进化的过程。

还是回到电脑生物形态和 18 种可能的突变,其中一些有代表性的如图 3 所示。由于每一幅图都是源自于中央生物形态的一步突变,我们很容易看出它们都是中央形态的后代。我们的模拟程序是‘ 繁殖 ”,跟‘ 发育 ”一样,我们可以将它打包进另外一个小的电脑程序中,并准备嵌入另外一个更大的、名为‘ 进化 ’的程序当中去。对于‘ 繁殖 ’有两点需要注意：(1)没有性别之分。繁殖是无性的。我把生物形态想像成阴性,因为无性繁殖的动物,例如蚜虫,基本上都是阴性。(2) 我所说的突变都是每次只发生一种突变。后代与它的母体只有一个基因的差别 另外,突变就是将母体基因的值+1 或者 − 1 。所有这些约束只不过是为了方便起见：它们可以有另外的设定，但在生物学上仍然是成立的。

但是这一条并不适用于模型的以下特征,也就是生物学的一条基本原则。每个后代的形状并非直接来自于母体的形状。每一个

后代的形状来自于其自身 9 个基因(影响角度、距离等等)的数值。每一个后代从母体的 9 个基因获得自身的 9 个基因。现实生活中的情况就是如此。生物体不会传递到下一代,而基因会传递到下一代。基因会影响胚胎的发育。基因的性质不受生物体发育的影响,但是它们传递下去的可能性却受到它们帮助创造的母体成功与否的影响。这就是为什么在电脑模型中'发育'和'繁殖'是两个独立的部分。只不过'繁殖'会把基因的数值传递给"发育",从而影响生长规则。需要强调的是,"发育'不会反过来把基因的数值传递给'繁殖'——那无异于拉马克主义(见第十一章)。

我们已经编制了两个程序模块——"发育'和'繁殖'。'繁殖'将基因传递到下一代,并有可能发生变异。'发育'接受'繁殖'提供的基因,并把这些基因翻译成绘画行动,从而在电脑屏幕上形成一个生物体的图像。现在是把这两个模块编写进叫做'进化'的大程序当中的时候了。

"进化'基本上是由无限重复的'繁殖'组成的。在每一代中,'繁殖'都会接受来自于上一代的基因,在经过微小的随机错误——突变之后,将其传递到下一代。所谓的突变就是将随机选择的基因的数值+1 或者－1。这就意味着，随着世代的沿袭以及每次微小变化的累积，后代与原始祖先的总基因差别将变得非常巨大。尽管突变是随机的,世代之间的累积变化却不是随机的。任何一代与其母体之间的差别都是随机的,但后代中谁被选择延续到下一代却并不是随机的。这正是达尔文式的选择。选择的依据并不在于基因本身,而在于通过'发育'形成基因影响的生物体。

除了被复制之外,每一代的基因还要进行发育,遵照其严格的规则在屏幕上生长出相应的个体。每一代的整"窝"后代(下一代中的每一个个体)都会展示在屏幕上。所有的这些后代都是同一母体的突变后代,每一个与母体只有一个基因的差别。这种高突变率是电脑模型中显著的非生物特征。在现实生活中,基因突变的概率往往低于百万分之一。我之所以设置这么高的突变率,是为了方便人眼在电脑屏幕上的观看，而且人类也不可能拥有等待100百万代基因出现的耐心。

人眼在这个故事中将扮演积极的角色。它是选择的中介。它会审视一窝后代并从中选择一个进行改良。被选择的后代成为下一代的母体,它的突变后代会同时展现在屏幕上。在此,人眼的角色与改良纯种狗或者优质玫瑰时扮演的角色完全相同。换句话说,我们的模型是一个严格的人工选择模型,而不是自然选择模型。"成功"的判断标准不是真正的自然选择状态下的生存标准。在真正的自然选择当中,如果一个生命体能够存活,其基因将自动存活,因为它们是存在于生命体之中的。因此,存活下来的基因能够自动地传递帮助生命体存活的特质。但是在电脑模型中,选择的依据并不是生存,而是取悦人类的古怪念头的能力。人类的古怪念头并不一定是随意的,因为我们会不经意地选择一些特定的属性,例如"与垂柳的相似性"。根据我的经验,人类选择者往往更加多变和违反常规。这与自然选择并非没有相同之处。

人类告诉电脑要改良哪一个后代。被选中的基因被进行复制,新的一代开始了。像现实生活中一样，这个过程会无限重复下去。每一代的生物形态都与其直接祖先和后代只差一个基因突变。

但是经过 100代的‘ 进化 ’之后,最终的生物形态与最初的祖先就有 100 个基因的差别。而在这 100 个突变步骤中,可能发生的事情太多了。

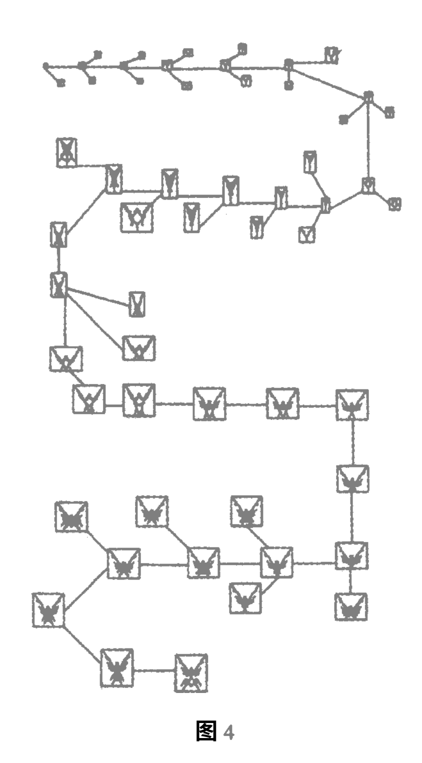


图 4

当我开始运行新编写的‘ 进化 ’程序的时候,我根本没有想像其中可能发生多少变化。最令我惊讶的是生物形态很快就不再像一棵树了。基本的二分结构虽然没有变化,但是当线条反复交错之后,它很容易就被掩盖了,成为了一个整体的色块。图 4 显示的是一个不超过 29 代的特定进化历史。祖先是一个小生物——一个点。尽管祖先的身体是一个点,像原始粘土中的一个细菌,但

隐藏在它体内的是跟图 3 中的树木一样的分支潜力。图中的所有生物都起源于那个点,但是为了不把纸面弄得杂乱无章,我并没有画出所有的后代。我只打印出了每一代中的成功者(即下一代的母体)以及它的一两个不成功的姐妹。因此,图 4 显示的只是一条在我的审美引导下的进化主线以及所有的步骤。

让我们来简单浏览一下进化主线上前几代的情况。点在第二代变成了 Y。在下两代当中,Y 变得越来越大,随后分支变得略微出现了一些弯曲,仿佛是一个制作精良的弹弓。在第七代的时候,分支的曲率越来越大,以至于两个分支几乎要连接到一起了。在第八代中,弯曲的分支越来越大,而且每一个分支都具有了小的附属物。在第九代当中,这些附属物再次消失了。第十代看起来好像是一朵花的一部分,弯曲的边缘分支好像是围绕着中央“柱头”的花瓣。在第十一代中,“花”的形状变得越来越大,而且越来越复杂。

我不想继续罗列下去,直至第二十九代的图已经自己说明了问题。请注意每一代的个体与其母体和姐妹只有微小的差别。由于每一代与其母体只有微小的差别,因此可以预期它与其祖辈(以及孙辈)的差别只会略微增加一些。这就是累积进化的含义,只不过我们通过高突变率加快了这个过程而已。因此,图 4 看起来更像是物种的谱系,而不是个体的谱系,但是其基本原则是相同的。

在我编写程序的时候,我从来没有想到它会进化成各种树的形状之外的东西。我曾经想像到垂柳、黎巴嫩雪松、伦巴底白杨、海藻、甚至鹿角。我的生物学家的直觉、20 多年电脑编程的经验以

及最狂野的想像,都没有使我想到在电脑屏幕上出现的画面。我不记得自己是在什么时候想到进化的结果看起来可能像一只昆虫的。我带着大胆的猜测,着手从最像昆虫的后代开始改良。随着进化结果越来越像昆虫,我的疑心也与之俱增。你可以看到图4底部的最终结果。应该承认,它拥有像蜘蛛一样的8条腿,而不是像昆虫一样的6条腿。但是尽管如此,我依然不得不承认,当我在电脑屏幕上看到这个优美的生物的时候,我禁不住欣喜若狂。我的头脑中忍不住回响起了斯特劳斯的'查拉图斯特拉如是说"。我兴奋得茶饭不思,一闭上眼睛,眼前就浮现出那个昆虫的样子。

市场上有一种电脑游戏,背景是玩家产生了幻觉,认为自己在一个地下迷宫中游荡,他会在复杂的地理环境中遭遇龙、半人半牛的怪物或者其他神话中的敌人。在这些游戏中,怪兽的数量其实是相当有限的。它们以及迷宫都是由程序员设计的。在进化游戏中,无论是电脑版本还是真实世界,玩家(或者观察者)都会产生一种在岔路众多的地下迷宫中游荡的感觉,但是可能的路径数量是有限的,玩家遭遇的怪兽也是偶然的、不可预测的。在生物形态的王国中漫游过程中,我遇到了神话中的虾米、阿兹特克人的神庙、哥特式教堂的窗户、原始的袋鼠绘画,有一次甚至是温彻斯特学院的逻辑学教授。图5是我从纪念品中选择的一小部分,所有这些都是通过同一方法获得的。我要强调指出的是,这些图形没有经过人为的调整,没有经过任何方式的润色,完全是电脑绘画进化的结果。人眼所扮演的角色仅限于在许多代累积进化的突变后代中进行选择。



图 5

现在，我们的进化模型比猴子打印莎士比亚著作更加现实。不过,生物形态模型仍然是有缺陷的。它虽然显示了累积选择创造出几乎无穷多种准生物形态的能力,但它使用的是人工选择而不是自然选择。进行选择的是人的眼睛。我们能不能停止使用人眼，通过某些在生物学上可行的标准，让电脑自己进行选择呢？这是个很困难的任务。在这里值得多花一点时间进行讨论。

如果能够阅读所有动物的基因,你就能够极其容易地选择一个特定的基因公式。但是自然选择并不是直接选择基因,而是选择基因对整体的效应,即表型效应。人眼擅长选择表型效应,这一点

可以通过图 5 表现无疑。为了能够让电脑直接选择表型效应,我们可以编写一个非常复杂的模式识别程序。模式识别程序确实存在。它们能够被用来阅读打印甚至手写的文字。但这些程序是繁难的、复杂的程序,需要大型、快速的电脑。即使这种模式识别程序没有超出我的编程能力，也没有超出我的小电脑的能力，我也不会费时费力去编写它。这个任务最好由人眼和头颅之内的庞大计算机来共同完成。

要让电脑选择模糊的总特征,例如瘦高、矮胖、曲线、尖细、甚至洛可可的装饰等,并不是十分困难的任务。一种方法就是通过编程让电脑记住人类在以前喜爱过的属性,并且在将来继续选择同样的类型。但是这种方法并没有使我们更加接近自然选择。重要的一点是,自然在进行选择的时候,并不需要计算能力,雌孔雀选择雄孔雀的特殊情况除外。在自然当中，选择的中介是直接的、赤裸裸的、简单的。它是残酷的收割机。当然,生存的原因决不简单——这也就是为什么自然选择能够创造出具有如此复杂性的动物和植物的原因。不过，死亡本身也有原始、简单的一面。非随机死亡足以选择表型以及它所包含的基因。

为了在电脑中模拟自然选择,我们应该忘记洛可可装饰和所有其他的视觉特征;相反,我们应当把注意力集中到非随机死亡上面。生物形态应当在电脑模拟的敌对环境中相互作用。它们的形状应当决定它们能否在这种环境中生存下来。在理想状况下,敌对环境应当包括其他进化中的生物形态:“捕食者”、“被掠食者”、“寄生虫”、“竞争对手”。被掠食者的外形应当决定它容易被捕食者捕获。这种易被捕食的标准不能由程序员设置到电脑当中,而是应当像其外形一样自然地出现。这样,电脑中的进化将真正发

生,因为自我强化的‘军备竞赛’(见第七章)的条件将得到满足,连我也不敢确定它将在什么地方停止。不幸的是,作为一名程序员，我觉得自己没有能力建立这样一个虚拟世界。

如果有足够聪明的人能够做到的话，他们一定是那些开发了嘈杂、暴力的街机游戏——太空入侵者的程序员。这些程序模拟了一个虚拟的世界,它拥有三维的地理环境以及快速发展的时间维度。实体在虚拟的三维空间中快速移动,互相碰撞,彼此射杀,互相鲸吞,并伴随着令人生厌的噪音。游戏的模拟非常成功,以至于操纵游戏手柄的玩家产生了强烈的幻觉,以为自己就是这个虚拟世界的一部分。我想这种游戏的最高形式出现在训练飞机和飞船飞行员的房间里。但是这些游戏与模拟在虚拟生态系统中捕食者和被捕食者之间‘军备竞赛’的程序相比,简直是小巫见大巫。不过,这个程序还是能够实现的。如果有一个专业的程序员愿意与我共同接受这个挑战的话，我很乐意同他或者她进行联系。

另外,还有一件容易得多的事情,我打算在夏天的时候进行尝试。到时候,我会把电脑搬到花园中阴凉的地方。电脑屏幕能够显示彩色,我编写了一个新的程序,用几个新的基因来控制颜色,就像其他的 9 个基因控制形状一样。我会选择一个简单的、色彩明亮的生物形态作为起点。电脑会同时显示该生物形态的多个突变后代,后代跟母体之间存在形状和／或色彩的不同。我相信,蜜蜂、蝴蝶以及其他昆虫一定会到屏幕上来拜访,并‘选择’撞到屏幕的某个点上。当电脑记录了一定数量的选择之后,它会将屏幕清空，对偏好的生物形态进行优选，并显示下一代的突变后代。

我非常希望,经过许多代之后,野生昆虫会在电脑中导致花朵的进化。如果确实如此的话,电脑花会承受真花在自然界中所承受的相同的选择压力。鉴于昆虫经常光顾女性服装上色彩亮丽的斑点这一事实(以及许多已经出版的更加系统的试验),我的希望大受鼓舞。另外一种可能性令我更加激动,即野生昆虫可能导致植物形态发生类似昆虫形状的进化。有一个先例是蜜蜂导致了蜂兰花的进化,这也正是我产生希望的原因。蜂兰花经过多代的累积选择之后,形成了类似蜜蜂的形状,吸引雄性蜜蜂与之交尾,从而携带传播花粉。想像图 5 中的蜂花拥有了绚烂的色彩,如果你是一只蜜蜂的话,你难道不会喜欢上它吗?

令我悲观的主要原因是昆虫视觉的工作方式与我们完全不同。屏幕是针对人眼而不是蜜蜂的眼睛设计的。这很可能意味着,尽管我们和蜜蜂通过不同的方式都看到了蜂兰花外形像蜜蜂,但是蜜蜂很可能根本看不到屏幕上的图像。蜜蜂可能只会看到 625 条扫描线!不过,这仍然值得一试。到这本书写完的时候,我就会知道答案。

有一句很流行的俗话:"你从电脑当中获得的,永远不可能多于你输入电脑的。"另外一个版本是:"电脑只会执行你的指令,因此电脑根本没有创造力。"这些话只是在微不足道的意义上才是正确的,它们如同是说莎士比亚只会写他的老师教他的那些单词一样。我在电脑中编制了"进化"程序,但是我并没有计划昆虫、蝎子、咬人的狗,或者月球登陆车。对它们的出现我一无所知。确实,我的眼睛进行了指导它们进化的选择,但是在每一步中我都把选择限制在随机突变后的少量后代之中,而且我的选择"策略"也是多变的、短期的。跟自然选择一样,我并没有任何长期的目

标。

以前我确实有一度试图确定一个长期的目标,这件事情非常具有戏剧性。首先我必须进行坦白。或许你已经猜到了,图 4 中的进化历史是重建的结果。那并不是我第一次看到的“我的”昆虫。当它们吹着胜利的号角出现的时候,我没有办法记录下它们的基因。它们就出现在屏幕上,我却没有办法理解它们,不能破解它们的基因。我推迟了关闭电脑的时间,绞尽脑汁试图想办法把它们保存下来,但是一无所获。跟现实生活一样,基因埋藏得很深。我可以打印出昆虫体的图像,但是不知道它们的基因。我立即对程序进行了修改,以便能够在将来记录下基因公式,但为时已晚。我失去了‘我的’昆虫。

于是,我着手尝试重新找到它们。它们进化过一次,一定可能再一次进化。像逝去的旋律一样,它们始终萦绕在我的心头。我在生物形态王国中徜徉,穿过充满奇妙生物的无穷疆域,但还是没能找到我的昆虫。我知道它们一定是隐藏在某个地方。我知道最初的进化是从哪个基因开始的。我有一幅昆虫外形的图片。我甚至有一幅从一个点进化到‘我的’昆虫的整个过程的图片,但是我不知道基因公式。

你可能会认为,重新构造进化路径是轻而易举的事情,但事实上并非如此。原因是即便只有 9 个基因发生变化,一条足够长的进化路径产生的生物形态也将是天文数字。在生物形态王国中朝圣的旅途中,有几度我似乎已经接近了我的昆虫的先驱,但是尽管我竭尽所能,进化还是走向了错误的方向。最后,经过反复的尝试,我终于再一次找到了它们。我不知道这些昆虫是否与最初

的昆虫相同，但它们已经足够好了。这一次我没有犯任何错误：我记下了基因公式,现在我可以随时‘ 进化 ’昆虫了。

在这里我似乎连篇累牍地说了一大堆,但是我提出了一个重要的观点。这个故事的要点是,尽管我对电脑进行了编程,详细地告诉它该怎样做，但是我并没有计划进化而成的动物是什么样子，而且当我第一次看到它们的先驱时,我十分惊讶。我根本没有办法控制进化过程,当我试图追溯某个特定的进化路径的时候,事实证明这是不可能的。如果我没有打印出全部进化先驱的图形的话,我想我不可能重新找回我的昆虫,即便如此,这个过程也是冗长艰难的。程序员无法控制和预测进化的过程是否显得矛盾？这是不是意味着电脑内部发生了一些神秘的事情？当然不是。现实世界中的动物和植物的进化过程也没有任何神秘之处。我们可以利用电脑模型破解这个矛盾,并借此更多地了解真实的进化过程。

可以预期,破解这个矛盾的基础将包括以下内容。生物形态集合的数量是有限的,每一个集合都永久停留在一个数学空间中的独特位置上。永久停留的意思是,只要你知道了基因公式,你就能够立刻找到它。另外,它在这个特殊空间中的邻居与它只有一个基因的差别。现在,我知道了‘ 我的 ’昆虫的基因公式,我可以随意复制它们，我可以告诉电脑从任何起点朝着它们的方向进化。当你在电脑模型中通过人工选择进化一个新的生物的时候,那似乎是一个创造过程。事实上确实如此。但是,你做的事情只是寻找生物,因为它已经存在于生物形态王国的基因空间里了。它是一个创造过程的原因是：找到某个特定生物的过程是极其困难的,生物形态王国是非常非常巨大的,其中的生物数量是无穷无

尽的。无目的的随机搜索是根本不现实的。你必须采取更加有效、更有创造力的搜索程序。

有的人天真地认为能够下棋的电脑的工作方式是在内部尝试所有可能的棋子着数的组合。当他们被电脑击败之后,他们以这种想法自我安慰。但是他们大错特错了。棋子着数的可能性太多了 搜索次数将达到数十亿次,盲目尝试根本无法成功。编写一个优秀的下棋程序的艺术在于考虑穿越搜索空间的有效捷径。累积选择——无论是电脑模型中的人工选择,还是现实世界中的自然选择—— 就是一种有效的搜索程序,其结果看起来非常类似具有创造力的人的智能。毕竟,这就是威廉 • 帕列夫关于设计的观点。从技术上来说,当我们在玩电脑生物形态游戏的时候,我们所需要做的,就是找到等待被发现的动物。这给人一种人工创造的感觉。在一个只包含少量实体的小空间之内搜索通常不会有创造的感觉。随机翻开对象,并且希望恰巧碰到要找的对象的方法,适用于搜索空间很小的情况。随着搜索空间的增大,需要更多复杂的搜索程序。当搜索空间足够大的时候,有效的搜索程序与真正的创造别无二致。

电脑生物形态模型很好地体现了这些要点,它们在人类创造过程——例如规划下棋的制胜策略——和自然选择的进化创造性(盲眼钟表匠)之间搭建了一座桥梁。为了说明这一点,我们必须把生物形态王国的想法发展到数学空间,数量无穷然而排列有序的多样生物形态,每个生物都停留在其正确的位置上,等待着被人发 现。图 5 中的 17 个生物没有特殊的顺序。但是在生物形态王国中,每个生物都占据着自己独特的、由其基因公式决定的位置,周围是其特定的邻居。生物形态王国的所有生物互相之间都有

确定的空间关系。这意味着什么？我们能够从空间位置上领悟到什么呢？

我们谈论的空间是基因空间。每一个动物在基因空间中都有自己的位置。基因空间中的近邻们彼此只有一个突变基因的差别。在图 3 中,中央的基础树被它在基因空间中的 18 个近邻之中的 8 个包围着。根据我们电脑模型的规则，一个动物的 18 个近邻是它可以创造的 18 种后代,也还有 18 个是它可能的母体。在表亲这一代,每个动物拥有 324 个(18×18 ,为简单起见,忽略反向突变)邻居,包括它可能的孙子辈、祖父辈、姑妈或者侄女。在表亲的下一代,每一个动物都有 5 832 个邻居,包括重孙辈、曾祖父辈、第一代堂兄妹等。

从基因空间的角度考虑问题有什么意义呢？它能够为我们带来什么呢 答案是它为我们提供了一种将进化理解成逐步的、累积的过程的方法。根据电脑模型的规则,在任何一代当中,在基因空间中只移动一步是可能的。在 29 代当中,不可能在基因空间里有多于 29 步的移动。每一个进化历史都包含一条基因空间中的特定路径。例如，图 4 记录的进化历史是一条特殊的弯曲路径,在基因空间中穿过 28 个中间阶段,将原始点和最后的昆虫连接起来。这就是我说的在生物形态王国中徜徉的含义。

我曾经试图把基因空间用图片表示出来。但是问题在于,图片是二维的,而生物形态所处的基因空间不是二维空间,甚至不是三维空间,而是九维空间(关于数学,我们需要记住的重要一点是，千万不要被它吓倒。它并不像某些数学宗师假装的那样困难。每当我感到畏惧的时候，我总是想起希尔凡纳斯 · 汤姆森在《简

单的算术》中的格言“:一个傻子能够做到的事情,另外一个傻子同样能够做到。”)只要我们能够画出9个维度,我们就可以以每个维度分别对应一个基因。某个特定的动物——例如蝎子或者蝙蝠或者昆虫——在基因空间中的位置就由其9个基因的数值确定了。进化就是在九维基因空间里逐步前行。动物之间基因差别的数目、进化所用的时间以及进化的难度,可以用二者在九维空间中的距离来衡量。

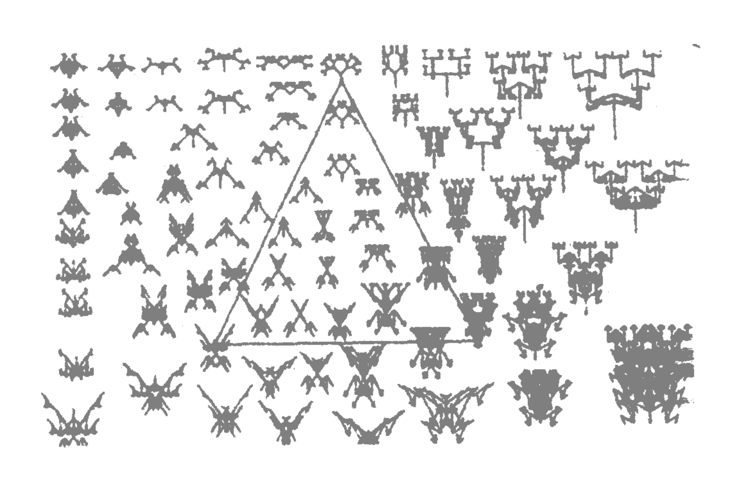


图6

唉,我们没有办法画出九维空间。我曾经试图简而化之,用一幅二维图像表示在生物形态王国的九维空间中从一点移动到另外一点的大意。要实现这一点有多种方法,我选择了一种我称之为“三角游戏”的方法。请看图6。在三角形的3个角落里是3个随机选择的生物形态。位于顶端的是基础树,位于左侧的是我的昆虫,位于右侧的没有名字,但是我觉得它很漂亮。跟所有的生物形态一样,它们3个也有自己的基因公式,并决定了它们在九

维基因空间中的独特位置。

这个三角形位于九维空间的一个切平面上。这个平面就好像是一块插入果冻的平板玻璃。玻璃上面画着一个三角形，以及 3 个生物形态（其基因公式保证它们恰好位于这个特定的平板上）。这 3 个生物成为锚点生物形态。

请记住基因空间中'距离'的定义，基因类似的生物形态是近邻，基因不同的生物形态距离很远。在这个特定的平面上，距离都参照这 3 个锚点生物形态来进行计算。对于该玻璃板上的任何一点，无论是在三角形之内还是之外，该点的基因公式都可以通过 3 个锚点基因公式的加权平均来计算。你可能已经猜到了加权是怎样进行的。它是通过该点与 3 个锚点之间的距离来衡量的。因此，距离平面上的昆虫越近，附近的生物形态就越类似昆虫。当你沿着玻璃向树前进的时候，"昆虫"就逐渐变得不像昆虫，而更像树。如果你走进三角形的中心，在那里发现的动物，例如头上带着犹太式枝状大烛台的蜘蛛，将是 3 个锚点生物形态之间的"基因妥协"。

不过，上面这段文字似乎过于强调了 3 个锚点生物形态的重要性。尽管电脑确实利用它们来计算图中每个点的基因公式，实际上，这个平面上的任何 3 个点都可以扮演同样的角色，并且得出同样的结果。因此，在图 7 中我并没有画出三角形。图 7 和图 6 其实是类型完全相同的图像，只不过显示的是不同的平面而已。图 6 中的昆虫在这里成了三角形右侧的锚点，另外两个锚点分别是我们在图 5 中看到的咬人的狗和蜂花。在这个平面上，你同样会注意到，邻近的生物形态比距离远的生物形态更为相似。由于

昆虫在两个平面上都出现了，你可以想像这两个平面是交叉的，以一定的角度互相穿越。图 7 可以说是相对于图 6 围绕着昆虫进行旋转而来的。

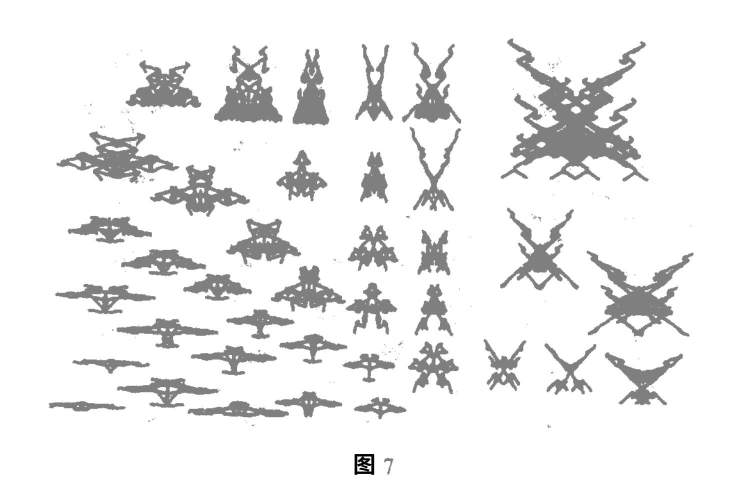


图 7

取消了三角形对于我们的方法来说是一个改进,因为它容易分散人的注意力，且不恰当地提高了平面中 3 个锚点的重要性。我们还需要进行另外一项改进。在图 6 和图 7 中,空间的距离代表了基因的距离,但是所有的比例都扭曲了。向上的一英寸并不一定等于斜向的一英寸。为了修正这一点,我们必须谨慎地选择 3 个锚点,保证它们彼此之间的基因距离都是相等的。图 8 所显示的正是如此。这一次我还是没有画出三角形。3 个锚点分别是来自于图 5 的蝎子、昆虫(我们再一次围绕着昆虫对平面进行了旋转)以及位于顶部的无法描述的生物形态。这 3 个生物形态之间的基因距离都是 30 次基因突变。这就意味着从其中的一个进化到另外一个的难易程度都是相同的,在任何情况下,都至少需要 30 次基因突变。图 8 底部边缘的刻度代表的是基因距离。你可

以把它想像成一把基因尺。这把尺子不仅仅在水平方向上发挥作用,你还可以把它进行任意角度的倾斜,去测量平面上任意两点之间的基因距离以及最短的进化时间。

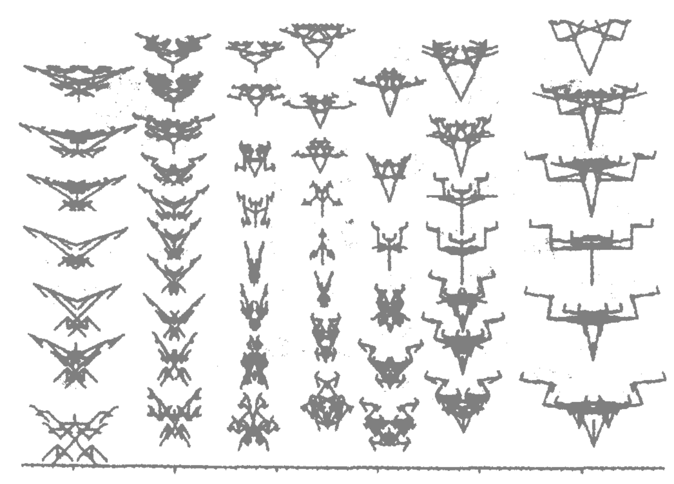


图 8

这些从九维的基因空间中切割出来的二维平面能够使人大致了解在生物形态王国中徜徉的感觉。为了增强这种感觉,你必须记住,进化不是局限在一个平面上的。在进化之旅中,你可以随时从一个平面进入另外一个平面,例如从图 6 的平面进入图 7 的平面(在昆虫的周围,这两个平面是紧邻的)。

我说过,图 8 中的基因尺使得我们能够计算从一个点进化到另外一个点所需要的最短时间。在原始模型的限制条件得到满足的前提下,它确实能够做到这一点,但是问题的关键在于' 最短 '这个词。由于昆虫和蝎子之间有 30 个基因单位的距离,只要你永远不出错，也就是说你知道目标基因公式以及如何转向这个目

标,你就能够只花费 30 代的进化时间。但是在现实的进化当中,没有任何相当于朝着目标基因公式前进的事情。

现在让我们利用生物形态再次回到猴子打哈姆雷特台词的问题,来说明逐步的进化—— 而不是纯粹偶然—— 的重要性。首先,我们把图 8 底部的刻度线重新命名,改用不同的单位。这一次我们不再测量基因距离,而是测量' 完全凭运气,一次跳 跃就实现目标的几率 "。为了便于考虑这个问题,我们必须放松我在程序中加入的一个限制条件(最后我们再思考我为什么要在一开始就加入这个限制条件)。这个限制条件是 后代只允许与其母体有一个基因的突变。换句话说,一次只允许一个基因进行突变,而且基因只能通过+1 或者 − 1 来改变其数值。在取消了这个限制条件之后,我们允许任何数目的基因同时发生突变,它们的数值可以任意增减。实际上,这个限制放松得太大了,因为它实际上允许基因的数值在负无穷到正无穷之间变化。如果我们把基因的数值限制在一位数之内,就能够说明问题,这也正是我们让它们在 − 9 到+9 之间变化的原因。

在如此宽松的条件下,我们实际上允许一代中的突变改变任何基因组合。另外,基因的数值可以任意改变,只要不变成两位数。这是什么意思呢 这意味着,从理论上说,在一代之内,进化可以从生物形态王国的任何一点跳跃到另外任何一点,不仅仅是一个平面上的点,而且是九维空间中的任何一点。例如,如果你希望从昆虫跳跃到图 5 中的狐狸,方法是这样的 将以下数值分别添加到 9 个基因之上:− 2,2,2, − 2,2,0, − 4, − 1,1。但是由于我们谈论的是随机跳跃,所以生物形态王国中的任何一点都有可能成为其中一跳的目的地。因此,完全凭运气一次跳到某个特定

点——例如狐狸—— 的几率很容易计算出来。也就是基因空间中所有生物形态的数量的倒数。你可以看到,我们又一次遇到了另外一个天文数字。总共有 9 个基因,每个基因可以取 19 个数值中的任何一个 。所以，每一次跳跃可以产生的生物形态的总数是 19 的 9 次幂。结果大约是 5 000 亿。它跟阿西莫夫的“ 血红蛋白数字 ”相比简直微不足道,但是我仍然不得不称其为庞大的数字。如果你从昆虫起步，像跳蚤一样跳跃 5 000 亿次的话,那么你有可能达到狐狸一次。

这些跟真正的进化有什么关系呢？它再一次充分证明了逐步进化的重要性。有一些进化论者否认了这种逐步进化的必要性。对于生物形态的计算已经告诉我们逐步进化之所以重要的一个原因。我说过,你可以期待从昆虫进化到它的某个近邻,而不是从昆虫直接跳跃到狐狸或者蝎子,我的真实意思是这样的 如果采取真正的随机跳跃，从昆虫跳跃到蝎子是完全可能的。实际上,这跟从昆虫跳跃到它的某个近邻的概率是相同的,当然同样可能的是从昆虫跳跃到任何其他的生物形态。这就是症结所在。由于生物形态的数量有 5 000 亿之多,所以跳到某个特定生物形态的概率完全可以忽略不计。

请注意,假设存在一种强大的、非随机的“ 选择压力 ”,对我们并没有任何帮助。假如你能够幸运地跳到蝎子,就可以得到一笔巨额奖金的话,这个刺激也不会产生任何作用。你成功的概率依然只有 5 000亿分之一。但是,如果你不是跳跃,而是行走,每次只走一步,每一次如果你走对了方向,就可以得到一枚小硬币作为奖励,你就可以在很短的时间内到达蝎子的位置。尽管并不一定在最短的 30 代之内实现，但是仍然会很快到达目标。从理论上来

说,跳跃可能使你更快地拿到奖金。但是由于成功的概率是天文数字分之一,所以一系列的小步骤—— 每一步都比上一个步骤更接近成功—— 是惟一可行的方法。

上面几个段落有可能使我受到误解,我必须消除这种误解。它们听起来给人的感觉似乎是说,进化是有遥远的目标的,是以蝎子之类的事物为导向的。正如我们已经看到的那样,从来都不是这样。但是如果我们把目标看做是能够提高生存机会的事物的话,这种观点还是成立的。如果某个动物是一个父(母)亲,它必须至少存活到成年时期。它的突变后代可能更加善于生存。但是如果这个后代发生了重大的突变,也就是说它在基因空间中移动了很长的距离,那么它优于母体的概率有多大呢?答案是 概率非常小。其原因我们在生物形态模型中已经讨论过了。如果基因发生重大突变,突变的可能结果的数量是一个天文数字。而且因为——正如我们在第一章中所看到的那样—— 死亡的方式比生存的方式多得多,在基因空间中的随机大步跳跃很可能以死亡告终。跳跃的步伐越小,死亡的可能性就越低,而且更可能导致改进。在后面的章节里我们将重新讨论这个问题。

我希望你不会认为我的描述过于抽象。有另外一个数学空间,它所充满的不是 9 个基因的生物形态,而是由数十亿的细胞—— 每个细胞都包含着几万个基因—— 组成的有血有肉的动物。这不是生物形态空间,而是真正的基因空间。曾经生活在地球上的动物是这个理论上曾经生存过的动物的一小部分。现实中的动物是基因空间中少数进化路径的产物。大量的理论上的路径将产生不可能的怪兽,现实中的动物将成为假设的怪兽群中的零星点缀,每个怪兽都停留在基因空间中的独特位置上。每一个现实中

的动物都被一些近邻包围着,这些邻居中的绝大多数都不曾出现过,但是也有一些成为了它的祖先、后代、或者表亲。

在这个巨大的数学空间的某个位置上,是人类、土狼、阿米巴变形虫、土豚、扁形虫、鱿鱼、渡渡鸟和恐龙。从理论上来说,如果我们对于基因工程足够擅长的话,我们可以从动物空间中的任何一点移动到另外一点,我们可以从任何起点穿越迷宫,重新创造渡渡鸟、霸王龙、和三叶虫——只要我们知道需要修补哪一个基因,需要复制、转化、删除哪一个染色体。我不知道我们能否做到这一点,不过这些珍贵的古生物却永久地停留在那个巨大的基因空间里,等待着我们去发现——如果我们拥有足够的知识,能够找到走出迷宫的正确道路的话。我们甚至可以通过有选择性地改变鸽子,重新创造出渡渡鸟,只不过要完成这个试验可能需要100万年的时间。虽然我们在现实中无法实行,但是想像却是一个不错的替代物。对于像我这样不是数学家的人们来说,电脑将成为想像的强有力的朋友。像数学一样,它不仅能够使得想像得以延伸,而且能够规范和控制想像。

第四章　动物空间

从本书第二章巴利所举的例子中得知,眼睛由许多相互关联的工作组件组成,其构造相当复杂、精巧,但其起源却可能是一些最初始的物质通过一系列的渐变逐步形成的。对此,很多人觉得难以置信。且让我们根据这些生物赋予我们的新认识回到问题中去,请回答下面的问题:

人眼有可能通过简单的一步,直接起源于全然无眼的东西吗?

人眼有可能直接起源于某种与之稍有差异的东西,也就是我们称之为 X 的东西吗?

第一个问题的答案显而易见是否定的,其理由恐怕比宇宙中的原子数还要多上数十亿倍。因为这需要在遗传的多维空间进行一次巨大而难以察觉的不可能的跳跃。第二个问题的答案几乎是斩钉截铁的"是",因为现代眼同与之最接近的"前辈"X 之间的区别非常小。换句话说,是因为它们在所有可能的结构方面彼此相当接近。如果因为区别的程度使第二个问题的答案为否定的,那么我们只需把这个区别缩小一点,重复这个问题——这样反复做下去,直到这种区别足够小,从而使我们得到第二个问题的肯定

答案为止。

X 被定义为与人眼非常相像的某种东西,它与人眼如此相似,以致于有可能通过对 X 的简单改变即可产生人眼。如果你的脑海中有一幅 X 的图片，而你觉得人眼几乎不太可能直接起源于它，这只是表明你选择了错误的 X。不断地改进这个关于 X 的图像，使其更像人眼一些，直到你找到一个 X,可以让你的确感到它作为人眼的'前辈',是合情合理的。对你来说,必须有这么一个 X,即使你认为其合理性可能比我更多、或更少、或更审慎。

现在,我们已经找到了一个 X,第二个问题的答案也是肯定的,那么我们对这个 X 也提出同样的问题。同样的理由，我们得出结论 :X 也可能只是通过简单的改变，直接起源于某种与之差别细微的东西,这种东西我们称之为 X'。很明显,我们然后就能从 X' 追踪回溯与之差别微细的别的东西，如 X'',等等。这样就可以得出足够的 X 系列,我们能导出 :人眼起源于某种东西,这种东西与人眼有着很大的不同。我们可能'跨'过一大段'动物空间'的距离,只要我们在其间所迈出的步幅足够细小,我们的跨越就是合情合理的。现在，我们来回答第三个问题。

> 是否有一个不间断的 X 系列,连接着现代的人眼和完全无眼这样两种状态呢？

在我看来很清楚,答案必定是肯定的,只是因为我们有着充分的足够的 X 系列。你可能认为一千个 X 很充分了,但如果你需要更多的步骤,才能完成在你看来比较合情理的整个改变,那很简单,你可以设想一万个 X。而如果一万个还不够的话,那么再设

想 10 万个,等等。显然,在这个游戏中,时间有一个上限,因为每一代只有一个 X。因此，在实际中自然而然就会产生一个问题：有没有足够的时间来形成许多代的 X，从而完成这个连续的过程?对于这些必需的世代(阶段)的数目,我们没法给出一个精确的答案。但我们知道,地质时间相当之长。这儿可以给你一个对我们正在谈论的巨大数字的概念,将我们与我们最早的祖先分隔开来的世代的数目,已被测定为数千个百万之巨,这也就是说,至少有 10 亿个 X，因此我们应该能构建出一个细微变化的合理的等级系列，这个系列连接着人眼和任何事物！

至目前为止,通过这样一个或多或少的抽像推理的过程,我们已得出结论:有一个不可想像的 X 系列,每个 X 都与其邻居十分相似,因此每个 X 都能合情合理地转变为其邻居——整个的 X 系列连接着人眼并回溯至根本无眼的状态。但我们仍不能论证这个 X 系列存在的合理性。我们还有两个问题得回答：

> 我们所假设的这个连接着人眼和根本无眼状态的系列中，它的每一个成员有可能通过其前辈的任意突变而形成吗？

事实上,这是一个有关胚胎学的问题,而非遗传学的问题,而且是一个完全独立的问题,这问题来自于使伯明翰主教和其他人为之恼火的东西。突变必须通过改变胚胎发育的既定进程才能得以实现。胚胎发育高度服从于某些方向的变异,而反抗另一些方向的变异,这是有争议的。我将在第十一章中再回到这个问题的讨论,因此这儿我只是再次强调小变化和大变化之间的差异。你推测的变化越小,X 和 X',之间的差异也就越小,而变异从胚胎学原

理方面来解释也就越合理。我们在前面的章节中看到,在纯粹的统计数据的基础上,特别大的突变的可能性要比发生特别小的变异的可能性小得多。然而，无论从第四个提问中产生什么问题，我们至少明白,我们在 X 和 X',之间设置的区别越小,那么问题也就越少。我的感觉是,只要这些最终产生人眼的系列中邻近的 X 之间的区别足够的小,那么,必要的突变差不多就是注定要发生的。毕竟,我们一直在谈论的是已有的胚胎发育进程中细微的数量级别的改变。请记住,无论我们所假定的不同代际的胚胎之间的性状差异有多么复杂，但在它门之间的每一次突变性的改变,却可能是非常小、非常简单的。

我们还有最后一个问题需要回答。

> 关于连接着人眼和完全无眼状态的 X 系列中的每一代成员,它们都状态良好,并能协助相关动物的繁殖和生存,这是可能的吗？

非常奇怪,有些人认为,这个问题的答案是不言而喻的‘不’。比如,我从法兰西斯希青 1982 年的一本书——《长颈鹿的脖子或达尔文出了什么错》所作的摘录。我可能从差不多任何一本耶和华的小册子里都能摘录出同样的话。但我选择了这本书,因为一个令人尊敬的出版商(潘图书公司)认为它适合出版,尽管里面有一大把错误,如果一个还没工作的生物学学生或者任何一个大学生被要求浏览一遍这个手稿，他马上就会发现这些错误：

> 眼睛要工作,那么就肯定会有下述的最低限度的配合完美的步骤(当然还有许多其他同时发生的情况,但即使是这

样一个粗略而简单的描述，也足以指出达尔文进化论的问题)眼睛必须干净而湿润,这得通过泪腺和可眨动的眼睑来保持这一状态；眼睑上的睫毛也是遮挡太阳的天然的过滤器 光线穿过小而透明的保护性外膜的区域(即角膜),然后通过一个晶状体,这个晶状体将光线聚焦于视网膜的后面。在那里,有 10 亿个光敏杆状体和视锥,可以产生光化学反应,从而将光线转化为电脉冲。每秒钟有上百亿个这样的化学反应,通过一种目前还无法理解的方式发送达大脑,使大脑作出适当的反应。

现在很明显的是,如果在这一过程中,一个最细小的东西出了差错 —— 或视网膜模糊、或者瞳孔不能扩大、或者晶状体变得不透明、或者调焦时出了错 —— 那么,一个可识别的图像就不能形成。眼睛要么是作为一个整体行使其功能,要么就根本不能行使其功能。因此,它是怎样通过一系列缓慢、稳定、无限小的达尔文式的改善,而一步步进化过来的呢？成千上亿个突变如此幸运、如此巧合地在同一时间发生,因而使得在工作中彼此缺一不可的晶状体和视网膜就这样同步进化 —— 难道这是真的吗？一只看不见任何东西的眼睛能有什么样的生存价值呢？

这些看法经常出现,估计是因为人们想要相信它的结论。看看这段话“:如果最细小的东西出了差错……如果调焦时出错……一个可识别的图像就无法形成”。当你在用眼镜看这些话时,几率不会不是 50/50。把眼镜取下，看看四周。你会同意“一个可识别的图像就无法形成”吗？如果你是男性,那么你成为彩色色盲的几率是 12 ∶ 1。你也可能散光,如果没有了眼镜,你的视力可

能是一片模糊。当今最著名的进化理论专家也极少擦自己的眼镜,以致于他的视线可能总是模模糊糊,但他似乎过得相当不错,据他自己所说,他过去常常玩一种熟练的单眼挤压游戏。如果你没有了眼镜,在街上没能认出朋友,可能会让他们不高兴。但如果有人对你说:"既然你的视力现在不是绝对的完美,那么你四处走动时就把你的眼睛紧闭着,直到你找到眼镜为止。"这就是我在上面所引述的作者所建议的。

尽管这很明显,他还认为,晶状体和视网膜相互依赖,缺了谁都不能工作。这是基于哪种权威的理论?和我很熟识的一个人,两只眼睛都做过白内障手术。她眼睛里根本就没有晶状体。没有眼镜,她甚至不能玩草地网球或瞄准枪。但她让我确信,有一只没有晶状体的眼睛,远比没有眼睛好得多。你能分辨你是否要撞到墙或另一个人。如果你是一只动物,你当然能用没有晶状体的眼睛来侦察捕食者逼近的身影,并分辨它靠近你的方向。在原始世界里,有一些动物根本无眼,有一些动物有眼睛,虽不具备晶状体,但却比那些无眼动物拥有各种各样的优势。有一个连续不断的X系列,从一片游移的模糊到完美的人眼视觉,其图像清晰度的每一次细微的改进都可能促进这个器官的生存机会。

这本书继续引用著名的哈佛古生物学家斯蒂芬乔高德的话:我们避开了这样一个好问题?一只眼睛的5%有什么好?这样一个初期结构组织的拥有者并不一定把它用于视觉。

一只仅拥有5%的眼睛的古生物,的确可能将之运用于其他方面,而不是视觉,但在我看来,至少它有可能将其用于5%的视力。而事实上,我并不认为这是一个好问题。拥有百分之几的视力,如

你,如我,都会比根本无视力的情况要有价值得多。即使只有 1%的视力,那也要比全盲好得多。同时,6%比 5%好,7%比 6%好,依此类推,那就得到这个渐变的、不断改进的系列。

这种问题让这样一些人为之烦恼—— 他们对通过'拟态'而逃脱捕食者的动物有兴趣。拟棍昆虫看上去像一根树枝,因此逃脱被鸟类吞吃的命运;拟叶动物看上去像树叶;许多可食的蝴蝶也通过模仿有毒的蝴蝶来自我保护。这些模拟行为给人以深刻印象,其程度要比乌云和臭鼬之间的相似深得多。在很多情况下,他们比'我的'昆虫与真实的昆虫之间的相似程度要高得多。毕竟,真实的昆虫有 6条腿,而不是 8条;真正的自然选择至少有 100万次,就和我们所经历的世代一样多。正是在这些选择中,这种模拟得以逐步完善。

在这些例子里,我们用'拟态'这个词,不是因为我们认为这些动物有意识地模仿其他事物,而是因为自然选择的进程偏爱了这些能够以假乱真的个体;从另一方面来说,那些没能逼真地模拟树枝的拟棍昆虫的祖先们,就没有留下后代。有些遗传学家不认为自然选择的进化会偏爱这种模拟,美国德裔遗传学家理查德高尔密就是其中最著名的一个。就像古尔德——高尔密的崇拜者提及拟粪昆虫时说的:"看上去有 5%像大粪时,可能有任何界线吗?"有人说高尔密在其生涯中被低估,而且他真的教给我们很多。诸如此类的说法近来变得很流行。下面是这些推论的一部分:

福德说:……任何突变,只要能使那些物种从拙劣的模拟中取得一些优势,哪怕是很轻微,就有可能积累增加,而发展至比较完美的拟态。我们必须问问:这些模拟有多轻微才具有选择价值呢?

我们能不能假定 鸟类、猴子和螳螂都是如此优秀的观察者(或它们中有极其聪明者),以至于注意到了一个“ 拙劣 ”的模拟并因之而拒绝、厌恶它吗？我认为这些问题已经足够了。

在这片高尔密行走过的摇晃不堪的地面上,这些挖苦话似乎人人都有。优秀的观察者？它们之中的极其聪明者？任何人会认为鸟类和猴子得益于被拙劣轻微的模拟所愚弄！高尔密可能更情愿说“:我们真能假定那些鸟类等动物都是极差的观察者(或它们中有些是极其愚蠢者)？ ”然而,这儿的确有一个两难的问题。拟棍昆虫的祖先对树枝的最原始模拟,必定是极其拙劣的,一只鸟需要极差的视力才会被它愚弄。而现代拟棍昆虫对树枝的模拟已相当出色,甚至到了对花蕾和叶疤这些细节的模拟。那些鸟类肯定有着极为出色的视力,其选择捕食的行为一定促进了这些细小之处的进化，最后完成了全体性的加工。它们肯定很难被愚弄,否则这些昆虫就不会进化为很完美的拟态 它们本来会保持相对不那么完美的拟态。我们该怎样解决这个明显的矛盾呢？

一类答案认为 在与昆虫伪装的同一进化时段,鸟的视力也一直在改进。说来也许有些滑稽，一只看上去只有 5%像一团粪的昆虫的祖先,本应愚弄一只有 5%视力的鸟类的祖先。但这并不是我想给出的答案。的确,我怀疑从拙劣初级的模拟到几近完美的拟态这一整个进化过程中,在不同的昆虫群落中也有着快速的拟态进化,并且持续了多次,在这一长长的时段里,鸟的视力已经差不多和现在一样好了。

针对两难问题的另一类答案如下所述。也许鸟或猴子的每一种物种视力不佳,只能有限地了解昆虫的一个方面,也许某个捕食

物种只注意到颜色,某个物种则只注意到形状,某个物种则只注意质地,等等。而一只在某一方面模拟树枝的拟棍昆虫会愚弄某种捕食者，尽管它会被另一种捕食者吃掉。随着进化的不断发展,模拟的特性越来越多地加入到昆虫的全部技能之中。拟态最终的多面性、完美性被许多不同种类的捕食者所促成的自然选择放到了一起。没有任何一个捕食者明白拟态的全部完美性,只有我们人类能看到这一点。

看来,这暗示着只有我们才有足够的' 聪明 '来解读拟态。但这并不只是因为人类自诩的聪明,我宁愿偏向另一个解释,那就是 无论在某种条件下捕食者的视力有多好,当置于另一不同条件的时候,它的视力就可能相当差劲了。事实上,从我们熟知的经验中，我们能很容易地理解在不同的情况下,我们的视力有可能从极差变化到极佳—— 如果在强烈的日光下,我直接凝视着距离只有 8 英寸远的一只拟棍昆虫,我不会被它所愚弄。我会注意到它长长的腿抱着树的枝丫,能从它身上发现真正的树枝不会拥有的那种非天然的均衡。但如果我是在黄昏时分行走在一片森林之中,以同样的眼睛和大脑,我可能会无法辨别那些树枝上的任何颜色暗淡的昆虫。昆虫的图像可能会在我视网膜的边缘通过,而不是在更敏锐的视觉中心区域。昆虫离我大概 50 码①远，因此在我的视网膜上只形成一个细小的影像。光线很微弱,我很难看清楚任何东西。

事实上,不管拟棍昆虫的模拟有多轻微,有多拙劣,一定会有某种光线水平,或某种与眼睛的距离程度,或捕食者注意力集中程度

① 1码=0.9144米——编者注。

在发挥作用,因此一双非常好的眼睛,也有可能被这种轻微拙劣的模拟所愚弄。如果你没有找到你想像中认为合理的特别的例子,那么把虚构中的光线关掉一点,或者离虚构中的目标稍远一些 问题是,许多昆虫因为轻微地模拟了树枝、树叶或一团粪而得到了安全,因为它离捕食者较远,或捕食者是在黄昏时分看着它,或是在一片雾中观察它,或是在看着它的时候被一只雌性所分心等等。而也有许多昆虫从这些同样的捕食者掌中脱险,因为它对树枝有着惊人相似的模拟,虽然捕食者处于光线良好、距离也相对较近的条件下,但也没能发现它。

这些重要的因素,比如光线强度、昆虫与捕食者之间的距离、从视网膜中心的图像距离以及其他类似的因素,全部都是持续不断的变量。它们在全然没有视力到全然可视的各种情况中,通过感觉不到的程度在变化着。这些持续不断的变量也助长了持续不断的渐进的进化过程。

高尔密的问题——这问题只是他那套理论体系中的一个,而这套体系使他穷其全部职业生涯诉诸于极端的信仰,亦即进化是大步流星,而不是一小步一小步的过程——现在都不成其为问题了。顺带再提一下,我们自身也已经论证了 5%的视力要比根本无视力要好;正好落在我视网膜边缘的视觉质量,可能要比 5%的视觉落在视网膜中央的质量还要差。然而,我仍然能够通过我眼睛的最边缘觉察到大卡车或公共汽车的存在。因为我每天骑自行车去上班,而这一事实就很有可能保全我的性命—— 下雨天我戴着帽子时注意到了这些区别。处于黑夜时,我的视觉质量肯定要比 5%的视力处于大白天时的质量要差得多。而许多动物的祖先,可能会在黑夜中通过视觉看到某种东西,如一头呲牙咧嘴

的‘老虎’,或者是一段悬崖,从而得以脱离险境。

我们每一个人都能从自身的体验(比如处于黑暗之中)可以得知:从全盲一直到完美的视力之间有一个无法感知的、渐变的、连续不断的系列的过程,沿着这个过程的每一步都赋予了对未来结果的意义非凡的好处。我们一直用这双眼睛来看这个世界——从最初的首先不能调焦逐次渐变到双目都能调焦,我们能很快令我们自身信服一点,那就是有一个调焦质量的渐变系列,这个系列中的每一步都是在前一步的基础上改善而来的。通过逐渐调节彩色电视机的色彩平衡按钮,我们能使自身信服一点,那就是有一个从黑白到全彩色视觉的逐步改善的渐变系列。打开和关闭瞳孔的虹膜,使得我们既不会为亮光所眩,又能在弱暗的光线下视物。当我们被迎面而来的汽车灯光照得忽然眩晕时,我们都觉得像是没有虹膜。这种眩目的感觉很不愉快,甚至是危险的,但这并不意味着整个眼睛就停止了工作!前面所引用的“眼睛要么作为一个整体工作,要么根本就不工作”的观点被证明不只是错误,只需要对那些我们熟知的体验思考两秒钟,这种错误就是不言而喻的。

让我们回到第五个问题:关于连接着人眼和完全无眼状态的系列中的每一个成员,它们的工作状态良好,并促进了相关动物的繁殖和生存,这是可能的吗?现在我们已经看到那些反进化论者斩钉截铁地以否定作答是多么愚蠢了。但答案是肯定的吗?也许不那么斩钉截铁,但我认为是肯定的。不仅仅是因为有一部分眼睛要远比无眼好得多,我们也能在现代动物中找到合情合理的中间阶段系列。当然,这并不意味着这些现代的中间阶段就真正代表了其古代的类型,但这的确显示了处于这样中间阶段的动

物是能够工作的。

一些单细胞动物有一个光敏点,其后有一个小小的彩屏。这块屏替它挡住一个方向照射过来的光线,而这光线会让它产生一个这光线从何处而来的"概念"。在多细胞动物中,不同类型的蠕虫和甲壳类动物有一个类似的组织,但其彩色的光敏细胞是藏在一个小杯之中。这给了它们稍好一点的寻找方向的能力,因为每个细胞都有选择地被隔离于从它自己那一边照射进杯子来的光线。从光敏细胞的平板状到浅杯,直至深杯的连续不断的系列中的每一步,尽管很小(或较大),但都是眼睛的改进进程。现在,如果做一个很深的杯子,然后翻转过来,最后你会做成一个无透镜的小孔照相机。从浅杯到小孔照相机(见图 4 中的说明,进化系列的第七代)是一个连续不断的渐变过程。

一个小孔照相机形成一个清晰的图像,孔越小,图像越清晰(但也越暗淡)而小孔越大,则图像越明亮(也越失真)。鹦鹉螺是游动的软体动物,是一种很奇怪的类似鱿鱼的动物,它生活在一种已灭绝的类似菊石(见图 5"带壳的头足类动物")的甲壳里面。它有一对小孔照相机充当眼睛。眼睛(效果)基本上和我们的一样清晰,但是它并没有晶状体,而瞳孔只是一个让海水进入眼睛内部的洞穴。事实上,鹦鹉螺本身就有点怪。自从它的祖先开始进化出一只小孔眼到至今的亿年过程中,为什么它从来没有找到晶状体的秘密?晶状体的优点是它使得图像既清晰又明亮。让鹦鹉螺困惑的是它的视网膜的质量显示,它可以真正地、极大地、迅速地受益于一个晶状体。它的情况,就好比一个高保真系统有着出色的扩音器,但留声机的唱针却是生锈的。在遗传的多维空间里,鹦鹉螺看上去就像是坐在一扇明显轻轻一碰即可打开的进化

大门的外面,但它却没有迈出这细微的一步。为什么没有呢?苏塞克斯大学的麦克尔兰——无脊椎眼的最重要权威——曾为之迷惑,我同样也如此。是鹦鹉螺的胚胎发育过程中没有产生必要的突变吗?我不愿相信这一点,但我没有更好的解释。至少鹦鹉螺戏剧性地表明了这一点,即一只没有晶状体的眼睛,要比根本无眼的状态要好。

当你有了一个杯子,以此作为一只眼时,差不多任何微凹、透明、或甚至是半透明的物体置于其开口处,都会造成一种改进,因为其外形呈一个透镜状。它收集其领域范围内的光线,然后聚于视网膜的一个更小的区域中。一旦有这么一种天然的透镜,就会有一个连续不断的改善,加厚它,或使之更透明,少一些扭曲变形,最终会形成一个我们认为的真正的晶状体。鹦鹉螺的近亲鱿鱼和章钱鱼都有真正的晶状体,与我们人类的非常相像,尽管它们的祖先的照相眼的进化原理肯定不同于我们。麦克尔兰另外还推论说,眼睛用以成像,有 9 个基本原则,这些原则的大多数都独立地进化了许多次。比如,弯曲的反射镜的原则很不同于我们的照相眼(我们将之用于电波望远镜,而且因为造一个大镜子比造一个大透镜更容易,我们也将之用于最大的光学望远镜)而且,它是为各种各样的软体动物和甲壳类动物独立“发明”而成的。其他甲壳类动物有着像昆虫那样的复合眼(事实上是一排细小的眼睛),而如我们所看到的,其他软体动物有着像我们一样的有透镜的照相眼,或者小孔照相眼。对每个这种类型的眼睛而言,相当于进化中介质的阶段在其他的现代动物中,都是作为工作眼存在着的。

反进化论宣传充满了所谓的复杂体系的例子,如‘不可能’经过一

个渐变的中介物的系列。这通常只是我们在第二章里看到的‘来自个人怀疑的争论’的另一个可悲的例子。比如，紧接着眼睛的章节之后，《长颈鹿的脖子》继续讨论了投弹甲虫：

> 投弹甲虫向敌人的脸上喷出致命的对苯二酚和过氧化氢。当这两种化学物质混合到一起时，肯定是会发生爆炸的。因此，为了将它们贮藏在自己的身体里，投弹甲虫进化出了一种化学抑制剂，以使它们变得无害。当甲虫将液体喷出尾部时，一种反抑制剂产生使混合物爆炸。导致这种复杂、协调而又微妙的进化过程的那些一连串的事件，不是在简单的逐步发展的前提下的生物解释得了的。在化学平衡中最轻微的变化也可以迅速产生爆炸甲虫的种类。

一个生化学家同事为我提供了一瓶过氧化氢和足够的对苯二酚，相当于 50 只投弹甲虫的份量。我现在将要把这两种物质混合在一起。根据以上所述，它们将在我眼前爆炸。来，开始……

呃，我依然还在这儿。我把过氧化氢倒进对苯二酚里，当然，什么事也没发生。它甚至没有变热。当然，我知道它不会 我不会那么鲁莽“！当这两种化学物质混合到一起时，肯定会发生爆炸的”——这话说得相当简单、错误，尽管在众多动物学家的著述里经常被重复引用。顺便说一下，如果你对投弹甲虫很好奇，那么所发生的事实如下所述 它将滚热的过氧化氢和对苯二酚混合物喷到敌人身上，这是真实的。但除非是加入催化剂，否则过氧化氢和对苯二酚不会发生剧烈的化学反应。这也是投弹甲虫所做的。至于这个系统的进化先兆(先驱)，过氧化氢和苯二酚两者都被用于身体化学的其他目的。投弹甲虫的祖先简单地临时使用周围

正好已有的化学物质。这通常就是进化的工作方式。

在这本书中,和投弹甲虫同一页的有这样一个问题:“……半只肺会有什么作用?自然选择当然会淘汰那些异样的生命,而不是保留它们。”一个健康的成年人有两只肺,在支气管的分支系统的尖端部分,每一只肺都被分为 30 亿个细小的肺泡。这些气管的构造类似于前面章节中图 2 底部的生物树。在这棵树上,接下来的分支数只取决于“基因 9”,因此是 8,而树枝的尖端数目是 2 的 8 次方,或者说是 256。当你在图 2 中继续下去,接下来的树枝尖的数目都会翻番。要提供 30 亿细小的肺泡,29 次连续的翻番是必须要有的。请注意:从一个简单的肺泡到 30 亿细小的肺泡,有一个连续不断的渐变过程,这个过程中的每一步都是由另外两个分支提供的。这种传送能够在 29 个分叉中得以完成,而我们可能天真地把它看做是跨越遗传空间的宏伟盛大的 29 步。

在肺中,所有这些分叉的结果是:每只肺的表面面积超过 70 平方码①之多。面积是肺的很重要的一个变量,因为是面积决定氧气吸入的比率,以及呼出二氧化碳的比率。面积是一个连续不断的变量,并不是要么就有、要么就没有的一种东西,而是每人都拥有,只是或多或少的问题。肺的面积比其他方面的因素更依赖于逐步的、渐变的改变,从面积为零一直到 70 平方码。

有许多动过手术的病人,只有一只肺也能走来走去,而他们有些人的肺甚至只有普通健康人的肺的 1/3 大小。他们可以行走,但他们不能走得太远,也不能太快。这就是关键。肺的面积逐渐减

① 1 平方码=0.8361 平方米——编者注。

少,其结果在生存方面并不会导致那种绝然的非生即死。它对人能走多远、能走多快,是一个逐步的、持续的改变的结果。的确,对人能存活多久,这也是一个逐步的、持续的结果。死亡不会即刻降临到一个肺部面积严重减少的病人身上。当肺部面积减少到低于某个最适宜的点(以及当它增加到高于这个点时),死亡的可能性就会渐渐变大。

我们的最先有肺的第一个祖先,几乎肯定是生活在水中的。通过观察现代鱼,我们可以得知它们在水中是如何呼吸的。大多数现代鱼类在水中用鳃呼吸,但是很多生活在泥水中的鱼类是在水面吞咽空气,这可以作为前者的一个补充。它们使用嘴中的一个腔室,以此作为一种天生的最原始的肺,而这个腔室有时会胀大成一个布满了血管的呼吸袋。如我们所知，一个连续不断的 X 系列将一个简单的呼吸袋和有着 30 亿个袋的复杂的分支体系——现代人的肺——连接起来,这是不难想像的。

有意思的是,许多现代鱼类保留了它们的袋子,并将之用于完全不同的目的。尽管它最初可能是一只肺,在进化的过程中它已变成了一种囊状物——一种精巧的装置,可以用于长久的平衡。身体里没有空气囊的动物通常比水略重,因此沉向水底。这就是为什么鲨鱼必须不断地游水以防止下沉。有一个大空气袋的动物,比如我们就有着很大的肺,比较容易浮出水面。在这个连续体系列中的某个地方,有着空气囊的动物可能大小正好,不沉也不浮,可以毫不费力地、平衡平稳地漂游。这就是除了鲨鱼以外的现代鱼类得以完美的聪明之处。不像鲨鱼那样,它们不会浪费任何有可能阻止其下沉的能量,它们的鳍和尾巴能够导向并能迅速推动前进,它们不再依赖于外部空气以期装满袋囊,而是有特别的腺

体能够制造气体,用这些腺体和其他方式,它们精确地确定囊中气体的分量，因此使它们自身保持着精确的平衡。

现代鱼的某些种类能够离开水。一个极端的例子是印度爬鲈,它很难进入水中。它从我们的祖先那儿独立地进化了一种大不相同的肺——鳃周围的空气室。其他鱼类基本生活在水中,但也可以短时间地离开水。这可能是我们的祖先所做的。它们短暂地离开水的时间能够持续不断地变化,直至为零。如果你是一条基本上在水中生活、呼吸的鱼,但偶尔冒冒险跑到地面上来,可能从一个洼地跳到另一个洼地,因此在旱季中得以生存,你不只是受益于半只肺,而是 1%个肺。你最初的肺有多小并无关紧要，肯定有这么一个时段,你离开水的时候用一只肺呼吸要比你没有肺的忍受力要稍长一些。时间是一个持续不断的变量。在水中呼吸和空气呼吸之间也没有一个截然的分水岭,不同的动物,在水下度过的时间,有的是 99%,有的是 98%,有的是 97%,等等,直到完全为零。在这个过程的每一步中,肺部面积的细微增加都会是一个优势。自始至终,这是一个连续的、渐变的过程。

半个翅膀有什么用处？翅膀是怎样开始它们的第一步的？许多动物从一个树枝跳到另一个树枝,特别是一些小动物,整个身躯的表面接触到空气,就像是一个天然的飞行箔,帮助实现跳跃,防止掉落。任何增加表面面积比率的趋势都是有帮助的,比如翅翼长在关节的某个角上。从这儿也可以看出,肯定有一个连续不断的渐变系列,直到长成滑行翼,进而到可以拍动的翅膀。很明显，存在着很多差异,这些差异可能不会被有着最原始翅膀的最早动物跳跃过。同样明显的是,对于最初的与空气接触的表面积的大小和天然程度而言,肯定有一种差异,但比较小,能够被有翅膀的

动物在进化中跳过去，而无翅膀的动物却不能。

或者,如果原始类型的翅翼在工作时让动物摔下去了,你不能说：“低于某种尺寸大小,翅翼就根本无用。”重申一下,最原始的翼不管有多小,是多么地不像翅膀,都是无关紧要的。应当有某种高度,姑且称之“H”,动物如果从这个高度落下去会折断脖子,但如果它从稍低于此的高度落下去则安然无恙。在这个严格的区域里，接触空气的身体表面积和防止摔落的能力这两者的任何改善,无论其改善程度有多小,都能决定其生死。随后,自然选择在这种最原始的翅翼中进行。当这些小的翅翼变得很普遍时,那个区分了生死界限的高度又会产生轻微的提高,而这个时候翅翼的一个轻微的改进又将对生死有决定性的影响——就这样不断反复,直到动物有了适宜的翅膀。

有些至今依然存活的动物,很漂亮地诠释了这个连续进化过程的每一阶段。青蛙的脚趾间布满很大的蛙蹼；树蛇的身体很平滑，便于接触空气 蜥蜴的身体有着翼 而各种各样不同的哺乳动物，它们的肢翼间都布满了蹼，这让我们看到了蝙蝠翼的开端方式。与生物学家的著述言论相反,动物们不仅可能只有半只翅膀,甚至可能只有 1/4 只翅膀,或者是 3/4 只翅膀,等等。当我们记得，非常小的动物,无论其形状如何,它们很容易在空气中轻轻漂浮，那么关于飞行的连续性的概念就变得更容易接受了。有说服力的理由是，存在着一个从小到大的无限的渐变统一体。

许多步骤中所积累的微小改变,这是一个极其强有力的概念,能够解释大量的事物,没有它,一切就会无从解释。蛇毒是怎样开始有的？许多动物咬人，而有些动物的泡沫状分泌物富含蛋白

质,如果这些分泌物进入伤口中,可以导致过敏反应。甚至所谓的无毒蛇也能够咬人,某些人可能因此产生疼痛反应。从普通的分泌物到剧毒分泌物,也有一个连续不断的、渐变的系列。

耳朵是如何产生的?如果振动是来自正在摇晃着的物体,每一寸皮肤都能感知到。这是触觉的自然增长。自然选择很容易通过感觉程度的一步步变化来提高这些技能,直到它敏锐到足以感知非常轻微的接触振动。在这个临界点上,就有了足够的敏感来感知那些声音足够大、或距离足够近的物体引起的空气振动,自然选择会发生在这个特别的器官——耳朵上,使之对物体产生的空气振动、以及产生这些振动的距离的感知能力稳步增加起来。显而易见,整个过程有着一个连续的逐步改善的发展轨迹。回声定位是如何产生的?任何有听觉的动物都可能听到回声。盲人通常都学习使用这些回声。在原始动物身上的这种技能为自然选择提供了足够的原材料,从而一步步得到改进并最终达到蝙蝠那样完美的高度。

5%的视力要比根本没有视力好,5%的听力比根本没有听力好,5%的飞行能力也比根本无法飞行好。完全可以相信的是,我们看到的每个器官和组织,实际上都是动物通过进化的空间的连续轨迹的产物,在这个轨迹上,每个中间阶段都促进其生存和繁殖。在一只现实存活的动物身上,无论哪儿的X,由于这个X都太复杂,因此不可能通过简单的一步即可产生。根据自然选择的进化原理,肯定是这种情况,亦即一个X的一部分,要比根本没有X要好,而一个X的两部分,要比一部分好,而整个的X要比9/10的X要好。我认为,这一结论完全适应于眼睛、耳朵包括蝙蝠耳,翅膀、拟态昆虫、蛇颌、布谷鸟的习惯和所有其他在反进化宣传言

论中反复提及的例子。毫无疑问,对许多想像中的 X 系列来说,这个结论可能不是真的,对许多想像中的进步道路,中间物可能不是由前辈改善而来的。但是,这些 X 在现实世界中找不到。

达尔文曾写过如下的话(在《物种起源》):

> 如果任何复杂的器官被论证了不可能由无数的、连续不断的、轻微的改善而形成,那么我的理论会完全被推翻。

125 年过去了,我们了解的动植物数目要比达尔文多得多,而据我看来,一个并非由无数连续细微的改善进化而形成的复杂器官——这仍不是一个很简单的事例。我不相信能找到这么一个事例。如果它是——它必须是真正复杂的器官,而且,如同在后面章节中将看到的那样,你必须通过'细微'的方式来熟知你的所指——那么我将不再相信达尔文主义。

有时,渐变的中间物阶段的历史很清楚地被写进了现代动物的外形之中,甚至在最后设计成形时也显得很不完美。斯蒂芬高尔德的优秀论文《熊猫的拇指》就已经指出了一点,明显的不完美的形态对进化的支持可能更甚于那些完美的形态。我只是给出两个例子。

生活在海底深处的鱼因为其扁平,能贴近海底轮廓而受益。生活在海底的扁平鱼有两种截然不同的类型,它们的扁平形状也是从截然不同的方式进化而来。鳐鱼和魟鱼是鲨鱼的近亲,它们通过可以说是很明显的方式变得扁平。它们的身体向边侧生长而形成了很大的'翅膀',但它们保持了对称。而鲽鱼、鳎目鱼、大比目

鱼和它们的近亲是以与之不同的方式而变得扁平的。它们是与鲱鱼、鳟鱼等有着相关关系的骨鱼(有囊状物),和鲨鱼没有任何关系。骨鱼不像鲨鱼,它是在垂直方向上通常有明显变扁平的趋势。比如鲱鱼高度要比其宽度要' 高 '得多。它利用自己整个垂直扁平的身躯作为游泳的表面,当它游动时,这个表面在水中摆动起伏不止。因此,当鲽鱼和鳎目鱼的祖先游向海底时,它们本应侧向而不是像鳐鱼和魟鱼那样腹部向下。但这样就产生了一个问题,有一只眼睛总是朝下看着海底的沙地,没有得到有效的利用。这个问题在进化中解决了，下面的眼睛向上侧翻转移动。

我们看到,这个眼睛向上移动的过程在每条幼小的扁平骨鱼的发育过程中都发生过。一只小扁平鱼是在海面上开始其生命的,它生长对称,像鲱鱼那样,也是垂直扁平的。但它的头骨开始以一种奇特的、非对称的、扭曲的方式生长着,因此一只眼,比如左眼,慢慢向头顶移动，并越过它到了另一面为止。小鱼生活在海底,两只眼睛都朝上看着,就像是一幅奇特的毕加索式的画面。顺带提一下,有些品种的扁平鱼右边朝上,有些则左边朝上,其他则两边都有。

骨鱼的整个头骨保留了它的祖先的那种扭曲变形的痕迹。它的极其不完美,是其古代进程的强有力的证据—— 这是逐步改变的进程，而非有着完美精巧设计的进程。没有一个明智的设计者,当他在一块干净的画布上来自由设计扁平鱼时,会将它想像成这样一种极古怪而丑陋的东西。我怀疑大多数明智的设计者会以类似于鳐鱼之类的动物为参照物进行设想。但进化决不会从一块干净的画布上开始。它必须从已存在的事物开始。鳐鱼的祖先是能够游泳的鲨鱼。鲨鱼一般不像会游泳的骨鱼与鲱鱼那样,

变得垂直扁平。如果有什么区别的话,鲨鱼已经从背部到腹部稍稍变得有些扁平了。这意味着当一些古鲨鱼开始进入海底时,有一个向鳐鱼形状进化的连续过程,这一过程中,每一个中间状态都是一个微细的改善,在这个已有的海底条件下,每一个改善都超越了其扁平程度相对较小的前辈。

另一方面,会游泳的鲽鱼和大比目鱼的祖先就像鲱鱼那样,也是从两侧变得垂直扁平,当它们游向海底时,它们用自己的侧面朝向海底,要比用像刀锋一样尖利的腹部朝向海底,更容易取得平衡。尽管其进化过程最终注定是要走向两只眼睛挤在一面的这个复杂而扭曲的结果,尽管鳐鱼变为扁平鱼的方式最终可能是其作为骨鱼的最好设计,那些沿着进化之路开始进化的、有望进化为这种鱼的中间状态的动物,在短时期内很明显不如其侧面朝向海底的竞争对手做得好。在贴近海底方面,那些以侧面朝向海底的竞争对手要做得好得多。在遗传的多维空间里,有一个连续的轨迹,连接着会游泳的古代骨鱼和有着扭曲头骨、并以侧面朝向海底的扁平鱼。没有一个平滑的轨迹连接着这些骨鱼祖先和以腹部朝向海底的扁平鱼。这种推论并非完全属实,因为有一些骨鱼已经进化成有些类似鳐鱼那种对称的扁平形式。也许它们会游泳的祖先因为某种原因已经变得轻微扁平了。

进化过程会因为中间状态的动物不具备优势而不会发生,如果具备则最终可能实现——关于这一点,我的第二个例子与我们眼睛(以及所有其他的脊椎动物)的视网膜有关。像任何其他神经一样,视觉神经是一根缆,是一束各自'绝缘'的线,大概有300多万根这样的线。每一根线从视网膜中的一个细胞连接到大脑。你可以设想它们将300万光电管的储藏库(事实上是300万个从更

大数目的光电管收集信息的中继站）和处理信息的电脑连接起来。它们从视网膜上被收集到一束之中，这就是眼睛的视神经。

任何工程师会很自然地认为,光电管捕捉光,用它们的线将其导回大脑。光电管可能偏离光线,因为它们的线偏离了最靠近光的一边——对此说法,工程师可能会觉得很可笑。然而这的的确确发生在脊椎动物的视网膜上。事实上,每个光电管其后都有一根线连接着,而这根线向离光线最近的那一边伸出。这根线必须穿越视网膜的表面,到达某个点,在这儿它穿过视网膜上的一个小孔,即'盲点'与视神经汇合。这意味着光线并非经过一条不受限制的通道到达光电管,而是通过一片相互连接的线的森林,可能会遭受某种程度的减弱和变形(事实上可能不会太多,但它仍可能冒犯任何一位小心眼儿的工程师）。

我不知道对这一奇怪阶段确切的解释是什么。进化的相关阶段太久远了。但我敢打赌,这和轨迹有关。为了使视网膜步入正确方向,无论起源于眼睛产生之前的任何远祖器官,这条轨迹必须被跨越。可能有这么一条轨迹(但这是假设中的轨迹),在实际存在的中间阶段的动物身上实现了,被证明是没有优势的——只是暂时没有优势,但这就足够了。中间阶段动物能看见的可能比它们的祖先还要少,而且,如果说它们正在为自己遥远的后代在发展更好的视力,这并不会给人以安慰。重要的是此时此刻的生存。

"多罗的法则"[1]声明，进化是不可逆转的。这经常与进步的不可避免性等许多理想化的无稽之谈混淆到一起，也经常与那些说什

①多罗的法则：多罗（1857～1931）,比利时古生物学家,正统达尔文主义者,但其"多罗定律"(演化是不可逆的),却常遭到反达尔文主义者的误用。

么进化违背了热力学第二法则的无知的胡言乱语联系在一起。没有理由可以证明为什么进化的通常趋势不能反转。如果有一个向更大的鹿角进化的趋势,那么很可能在接下来的进化中鹿角又变得更小。"多罗的法则"事实上是一个声明,它宣布任何一个进化点不可能两次遵循同样的进化轨迹(或者是任何特殊的轨迹),这在统计意义上是不可能的。一个简单的突变步骤很容易逆转。但是对于更多步骤的突变来说,即使是只有 9 个小基因的生物形态,从数学上说,所有可能轨迹的空间是如此之大,以致于两个轨迹抵达同一点上的机会也会变得极其小。而那些基因数目更多的动物就更甚。"多罗的法则"没有任何神秘不可测之处,它也不是我们可以在自然中进行测试的,它只是简单地遵循于可能性的基本法则。

根据同样的理由,要把相同的进化道路进行两次,也是不可能的。而且,根据同样的统计数字上的理由,进化的两条线从不同的起点趋同到同一终点,这也是同样的不可能。

自然选择的力量强大,这有很显著的证据,因此可以在自然界中找到大量的例子。在自然界中,进化的独立的路线看上去是从不同的起点趋同到相似的终点。当我们仔细地看,我们发现这种趋同不是全部的。进化的不同线路在许多细节点上显露出它们独自的起源。比如,章鱼眼很像我们的眼,但是与它们的光电眼连接着的线并没有像我们的那样指向光线。在这方面来说,章鱼眼设计得更"聪明"。它们已经从一个很大不同的起点,到达了一个相似的终点。而且,事实在细节方面也充分显露了这一点。

这种轻微趋同的相似性通常极其显著,而且我将用本章的其余部

分对此作一些阐述。它们提供了许多鲜明的论证,说明在自然选择中这种将好的设计放到一起的力量是很强大的。然而,这些轻微相似的设计不尽相同的事实,也证实了它们独自的进化起源和历史。基本的推论是,如果某一个设计足够好而进化一次,同样的设计原理也足够好,从而在动物世界的不同部分,从不同的起点进化两次。要阐述这一点，回声定位的形成就是最好的例子。

我们对回声定位的大部分知识都来自于蝙蝠(和人类的工具),但这种定位方法也在许多其他不相关的动物种群中出现,至少有两个不同的鸟类种群是这样做的,海豚和鲸鱼在这方面也达到了一个很复杂的高度。而且,它差不多肯定是被至少两种不同种类的蝙蝠各自独立地发现的。能够做回声定位的鸟类是南美的油鸟和远东的金丝燕,其巢被用作燕窝。两种不同类型的鸟巢都筑在洞穴的深处,很少或根本没有光线能够照进这样的洞穴,而且两种鸟都在夜间利用它们的叫声所产生的回音来航行。它们所发出的声音不是超声波,因此它们的叫声都能被人类听到,就像蝙蝠那种更特殊的声音一样。的确,这两种鸟看来都没有将回声定位发展到像蝙蝠那样复杂精密的高度,它们发出的声音不是调频（FM），它们看上去也不适合于多普勒转换速度测量。像水果蝙蝠（ROUSETTUS）一样,它们可能只是记录了在每一个声音及其回音之间的那段无声的时间间隔。

在这个例子里，我们能肯定两种鸟创造了不同于蝙蝠的回声定位,而且在这两种鸟之间,其回声定位的方法也是不相同的。其理由是进化学家频繁使用过的。我们看到成千上万个鸟类品种，并且看到它们的大多数没有回声定位功能,只有两个孤立的鸟类这样,而且这两类鸟除了都生活在洞穴之中以外,相互之间没有

任何相同之处,尽管我们相信,如果我们循着它们的世系追溯到足够远,所有的鸟和蝙蝠肯定有一个共同的祖先,所有哺乳动物(包括我们自身)和所有的鸟类也都有一个共同的祖先。大多数哺乳动物和大多数鸟类并没有回声定位功能,而且很可能它们共同的祖先也没有(它也不能飞——这是已经单独进化了好多次的另一项技能)。其遵循的一点是:回声定位技术已在蝙蝠和鸟类身上单独发展了,就像这项技术亦由英国、美国和德国科学家单独研发一样。同样的理由,在更小规模(数量)上导致了一个结论:油鸟和金丝燕的共同祖先也没有使用回声定位,而这两种鸟各自独立地发展了同样的技术。

在哺乳动物里，蝙蝠也不是惟一独自发展了回声定位技术的种属。有几种不同的哺乳动物，如鼩鼱、老鼠和海豹,就像盲人一样,在一定程度上也使用了回声定位技术,但在精密复杂程度上惟一能与蝙蝠媲美的是鲸鱼。鲸鱼分为两个主要的种类:锯齿鲸和须鲸。当然两者都是从陆上祖先遗传而来的哺乳动物,而且它们从不同的陆地祖先开始,也有发明创造彼此互不相同的鲸类生活方式。锯齿鲸包括抹香鲸、杀人鲸和各种各样的海豚,所有这个种类都用它们的下颌捕食相应大小的猎物，如鱼类和鱿鱼等等。有些锯齿鲸(其中只有海豚被彻底研究过),它们的大脑中已经进化成功了复杂的回声装置。

海豚能发出一串迅速的尖尖的高音，其中一些我们能听到，一些是超声波。海豚头部的前方的鼓状物(即"瓜")看上去很巧合地类似尼姆欧(NIMROD)预警监视飞行器那奇怪的鼓起的雷达天线罩。"瓜"与向前发送声纳信号有关系,但它确切的工作尚未完全明了。在蝙蝠的例子里,有一个相对较慢的发出声音的"速度",

当动物靠近猎物时,上升到一种高速度(每秒发出 400 次声音)的嗡嗡声。即使这个速度相对较“慢”,但也是非常快的。居住在河水中的河豚可能是技能最为娴熟的回声定位者,但是一些海中的海豚在测试中显示出其技能也是相当的好。一种生活在大西洋的宽吻海豚仅使用其声纳系统,就可以区分圆形、四方形和三角形。在两个目标距离约为 7 码，而两者之间的区别只有 1/4 英尺①时，它也能分辨两个目标孰近孰远。它能在 70 码范围内觉察出相当于高尔夫球一半大小的钢球。它的这种能力在强光下不如人类的视力，但在月光下可能就比人类视力要好得多了。

有一个很有意思的联想,亦即,如果海豚使用回声定位,它们也许可以毫不费劲地以“心理图像”进行相互交流。它们需要做的是，用它们极其多样的发音能力来模拟回声从一个特殊目标产生的声音模式。这样,它们就能够互相传递这些目标的心理图像。这些令人欣闻的联想并没有证据可以提供。理论上,蝙蝠能做同样的事,但由于海豚通常更喜欢群居,所以它们的可能性也更大一些。而且它们也许比蝙蝠更“聪明”一些,但这并不是一个有必要的相应考虑事项。首先,对于传递回声图像所需的工具不会比蝙蝠和海豚已有的回声定位的工具来得更复杂,而且,在利用声音来制造回声以及利用声音来模拟回声之间,看来有一个轻松、渐变的连续统一体。

至少有两个种类的蝙蝠、两个种类的鸟、锯齿鲸以及在更小程度上可能还有其他种类的哺乳动物，在过去的 10 亿年间的某个时候，全都各自独立地朝着自身的声纳系统发展。我们没有办法知

① 1 英尺=0.3048米

道一些已灭绝的动物,如翼手龙,是否也独自地进化了这项技能。

目前为止,没有发现有任何昆虫和任何鱼类能使用声纳系统,但有极其不同的两种鱼,一种在南美,另一种在非洲,它们发展了某种类似的导航系统,看上去差不多,也是很复杂,也可以看做是对相同问题的有关联的解决方案,尽管它们有很大差别。它们就是所谓的弱电鱼。“弱”这个词使它们区别于强电鱼。强电鱼使用电,却不是用于导航,而是用它的电场来电晕猎物。顺便提及一下,这种电晕技术也是由几种不相关的鱼独自发展而来,比如电“鳗”(不是真正的鳗,而是其形状类似真鳗)和电鳐。

南美和非洲的弱电鱼相互之间有很大的不同,但两者都生活在各自大洲的同类水体之中，水质很浑浊，因此视力变得没有用处。对于它们赖以生存的物理原理——水中的电场,我们的所知还远不如我们对蝙蝠和海豚的了解多。对于回声,我们至少还有一个主观的概念,但对于电场,我们几乎没有什么主观的概念。直到一两个世纪以前,我们甚至还不知道电的存在。作为主观存在的人类,我们对电鱼没有了解,但作为物理学家,我们能理解它们。

在晚餐盘子里,很容易看到鱼的每边的肌肉都呈排状,即一组组的肌肉单元。大多数的鱼都是连续地收缩,使身体变得弯曲,从而向前推动。对于电鱼,包括强电鱼和弱电鱼,从电的角度看,它们是一个电池,电池的每一部分(“细胞”)产生电压。沿着鱼身的长度,这些电压集合成系列。因此,在一条强电鱼身上,比如电鳗,整个电池产生 1 安培 65 伏的电。一条电鳗产生的电量足够把一个人击倒。弱电鱼并不需要这么高的安培或电压,它们的目的只是收集信息而已。

如前所述,回声定位的原理从物理的角度很好理解,尽管从电鱼的角度看不是很好理解。以下的说明同等地适用于非洲和南美的弱电鱼 趋同是非常彻底的。来自鱼前半部分的电流,呈许多线状进入水中,随后折回到鱼的尾部,并没有真正的截然分开的线,而只是持续不断的' 场 ';一个无法看见的电茧包裹着鱼的身躯。然而,根据人类的相关知识来看,最容易认为是有许多曲线通过鱼前半段身躯的' 舷窗 '离开鱼身,在水中弯曲迂回,再又折回鱼的尾端。鱼有一个细小的伏特计来监测每个' 舷窗 '的电压。如果鱼悬浮在水中,周围没有障碍物,这些线就是平滑的曲线,每个舷窗的细小的伏特计测定电压为' 正常 '水平。但如果有障碍物出现在附近,比如一块岩石或食物目标,碰在这些障碍物上的电流线就会被改变,这将改变电流线受到影响的' 舷窗 '的电压,而且伏特计会把这一事实记录下来。因此,通过比较伏特计在所有舷窗上记录的电压的模式,在理论上,一台电脑能够计算鱼周围的障碍物的模式。很明显,鱼的大脑就是这样做的。这并不意味着鱼是聪明的数学家，它们有一种解决这些必需等式的器具，就像我们每次接球时,我们的大脑都要无意识地解决相应的等式。

很重要的是,电鱼的躯体是完全保持僵硬的。如果它的身躯像一条普通鱼那样扭曲弯折,脑中的计算机就不能应付这些多余的变形。电鱼已至少两次独自发现了这种天才的导航方法,但它们必须为此付出代价 它们必须放弃一般正常的、高效的鱼类游泳方式,把整个的身躯游成蜿蜒的曲线。它们使身躯保持僵直,就像一根拨火棒,从而解决了这个问题,而沿着它们的躯干有一个简单的长鳍,于是并非整个身躯摇摆蜿蜒,而是长鳍在摆动。鱼在水中的前进很慢,但它确实在前进,而且很明显,即使牺牲了快速游水也是值得的 得到导航技术看来要超过游泳速度的损失。令

人称奇的是，南美电鱼获得了与非洲电鱼差不多同样的解决方式,但不完全一样。其间的区别很有启迪 两种鱼都有和身体一样长的鳍,但是非洲电鱼的鳍是在背上,而南美电鱼的鳍却是在腹部。如我们所知，这种细节上的区别是趋同进化的典型特征。当然，也是人类工程师趋同设计的典型特征。

尽管大多数弱电鱼——包括非洲和南美的两种弱电鱼——都以连续的脉冲放电(因此被称为' 脉冲 '种类),而少部分弱电鱼则是以另一种不同的方式放电,因而被称之为' 波纹 '种类。我不打算再深入地讨论它们之间的区别。在这一章里我们可以看到,饶有兴味的是,脉冲／波纹在不相关的新世界群落,而在旧大陆群落里独自进化了两次。

我知道的关于趋同进化的最匪夷所思的例子之一,与' 周期蝉 '有关。在谈到趋同前,我得给出一些背景信息。许多昆虫在幼年阶段(这是它们最长的生命阶段)与相对成熟的繁殖阶段之间,有一个截然不同的分水岭。比如,五月蝇以其靠地下水为食的幼虫形式度过其生命中最长的一段时间,之后,它冒出地面,在仅仅一天之内就度过了它的成年时期。我们可能把五月蝇设想为类似于西克莫树产生的那些能短暂飞行的种子,而五月蝇幼虫则有些类似这种植物。区别只是 西克莫树制造许多种子,并且将它们保存了许多年 而五月蝇的幼虫在其生命的最后阶段则只能产生一只成虫。无论如何,周期蝉将五月蝇的特点发挥到了极致。它的成虫只存活几周,但它的' 少年 '阶段(技术上说应该是与成虫相似的幼虫)则为 13 年(有的种类)或 17年(另外的种类)。在地下度过了与世隔绝的 13 年(或 17 年)后,成虫差不多在同一时刻出现。蝉疫在某一地区相隔 13 年(或 17 年)出现,是一种相当壮观

的爆发,以至美国当地语中错误地管它叫“蝗”。其种类各自为 13 年蝉和 17 年蝉。

现在,这儿有一个很显著的事实。事实证明不只有 13 年蝉和 17 年蝉,而是有 3 个种类,而 3 种蝉中的每一种都既有 17 年的,也有 13 年的变种。13 年种和 17 年种的分化各自独立地到来，次数不少于 3 次。看上去,作为中间阶段的 14、15 和 16 年没能趋同进化,次数不少于 3 次。这是怎么造成的呢？我们并不知道。我们能给出的看法只是:13 年种和 17 年种的特殊之处,是 13 和 17 是它们最初始的数目,而不是 14、15 或 16 年。一个最初始的数目是不可能被其他数字分化的。经常爆发瘟疫的一种动物获得了一种淹没或饿死敌人、捕食者或寄生虫的益处。而且,如果这些瘟疫每隔最初始的年数准时地出现,这会使得它的敌人更难同化自己的生物圈。如果蝉疫每隔 14 年爆发,比如,它们可能被只有 7 年生命圈的寄生虫所肆虐。这是一个匪夷所思的念头,但是不会比现象本身更令人匪夷所思。我们确实不知道 13 年和 17 年有何特殊之处。就我们的目的而言，这儿最值得关注的是，这些数字一定有着某种特殊之处,因为蝉的 3 个种类是独自趋同进化的。

当两个或更多的大陆相互分离很长一段时间,而相似的动物“群落(行当)”在每个大陆被不相关的动物所采纳，趋同的例子就大量地出现。通过“群落(行当)”的方式进行谋生,比如打洞捕食蠕虫、挖洞捕食蚂蚁、捕猎大的食草动物、上树吃叶子等。有一个很好的例子,就是在南美、澳大利亚和旧世界的各自分开的大陆中，整个哺乳动物群落的趋同进化。

这些大陆并不总是分开的。因为我们的生命只有几十年,甚至我们的文明和朝代也只能以世纪来计算，我们惯于认为世界地图、大陆的形状是固定不变的。大陆向四处漂移的理论很久以前曾由德国地理学家阿尔夫瓦格纳提出来过,但是一直到第二次世界大战时还有很多人嘲笑他。南美和非洲的某些部分类似拼图中的相联的部分,这是已被承认的事实,但被认为只是一个可笑的巧合。在已知的最为迅速和彻底的革命科学之一中，以前关于“大陆漂移”的有争议的原理现在已成为共识。大陆漂移的证据，比如南美的确从非洲脱离开来,现在是不可推翻的。但本书并不是一本关于地理方面的书籍，因此我不会详细道来。对我们来说,最重要的一点是,大陆漂移的时间跨度与动物世系进化的时间跨度一样缓慢。因此,如果我们想要理解这些大陆上的动物的进化模式，我们就不能忽略大陆的漂移。

直到大约 10 亿年以前,南美在东边与非洲相互连接,在南边与南极洲连接。南极洲连接着澳大利亚,而印度则通过马达加斯加连接着非洲。事实上有一个我们今天称之为冈瓦纳古陆的巨大的南方大陆,它由现在的南美、非洲、马达加斯加、印度、南极洲和澳大利亚组成。也有一个巨大的、被我们称之为劳亚大陆的北方大陆,由现在的北美州、格陵兰岛、欧洲和亚洲(与印度分开)组成。北美和南美是分开的。大约 10 亿年以前,有一个大的地块分裂运动,这些大陆一直缓慢地向前移动,直到它们现在的位置(当然,在未来它们还将继续移动)。非洲通过阿拉伯和亚洲连接起来,从而成为我们现在所说的旧世界这块巨大大陆的一部分;北美从欧洲漂移开来;南极洲向南漂移到它现在的冰冻位置;印度则与非洲分开来,并穿过我们现在所说的印度洋,最终与南亚大陆碰撞,并隆起了喜马拉雅山;澳大利亚从南极洲分离开来,并进

入大海,从而成为孤悬的岛样大陆。

南方大陆冈瓦纳古陆的分裂开始于恐龙世纪。当南美和澳大利亚从这个大陆分裂开来,开始相互的孤绝时期,它们各自携带自己的恐龙,以及当时还不那么显著突出、但成为哺乳动物祖先的那些动物。更往后一点,由于无法理解的原因,恐龙(那些我们现在称之为鸟的恐龙种群是例外)渐趋灭绝,全世界的恐龙也都走向灭绝。这留下了一个空洞状态向陆生动物敞开。经过数百万年的进化,这个空洞状态大都被哺乳动物填补。对我们来说,这儿有趣的一点是,有 3 个独立不同的空洞状态，而且它们是由澳大利亚、南美和旧大陆的哺乳动物独立填补的。

当恐龙同时或多或少地腾出了这个大的生命群落,正好原始的哺乳动物在这 3 个区域存在着,它们非常小而且卑微,可能在夜间活动,被恐龙所震慑。它们可能在 3 个区域朝着截然不同的方向进化。在某种程度上,这就是所发生的事实。在旧大陆上,没有任何类似于南美树獭的动物,可惜现在也已灭绝。南美大多数的哺乳动物,有已灭绝的大豚鼠、有现代犀牛大小的啮齿动物(之所以说是‘ 现代 ’犀牛,是因为旧大陆的动物群中有一种巨大的犀牛,尺寸相当于两层楼的房子)。尽管这些各自独立的大陆产生各自独特的哺乳动物,但是进化的一般模式在这 3 个区域是一样的。在这 3 个区域里，在开始阶段正好处于其中的哺乳动物在进化中逐步铺开,并为每个群落(行当)产生一个特别技能者,它与其他两个区域的相应的特别技能者有着显著的相似点。每个群落(行当),如打洞种群(行当)、大的捕猎种群(行当),食草种群(行当)等等,是这 2 个或 3 个分离的大陆中独立趋同进化的主题。而且这 3 个独立趋同进化的地点以及更小的岛，如马达加斯加，

有着相似的各自的有趣故事，不过我不会深入下去。

且不管那些奇怪的孵卵哺乳动物——如鸭嘴兽,以及多刺的食蚁兽,现代哺乳动物全都属于两个大种类中的一种。这分别是有袋动物(生下来很小因此把它们放进育儿袋里)和有胎盘的动物。有袋动物统治着澳大利亚,胎盘动物则占据着旧大陆,并且这两个种群在南美同时扮演着重要的角色。南美的情况很复杂,因为北美的哺乳动物时不时地入侵南美。

有了这么一个景象,我们现在可以看看一些种群(行当),以及它们自身的趋同。一个重要的种群与大片草地的开发有关系,这些草地有北美大草原、南美大草原、无树热带大草原等等。这些种群(行当)的开创者包括马(非洲的种类称之为斑马,而在荒漠条件下的是驴子),牛——如北美野牛（因为捕猎，现在已几近灭绝)。食草动物很典型地有着长长的肠子和内脏,里面有着各种各样的发酵细菌，因为草是一种低质食物，需要长时间的消化。它们并不是分成若干次数进食,而总是不停地,或多或少地吃,大量的植物原料就像一条河一样,整天不停地从它们的消化道流淌而过。这些动物通常躯体很大，它们经常是大群大群地放牧吃草。每只大型食草动物对于那些可以征服它们的捕食者来说,都是小山一般的有价值的食物。因此,正如我们所了解的,整个种群(行当)都致力于捕杀这一项艰巨工作。这些是捕食者。事实上,当我说一个“种群(行当)”的时候,我是指整个的“子种群(行当)”狮子、美洲豹、猎豹、野狗和鬣狗,这些动物全都以它们自己的方式进行捕猎。同样的分支方式也可以在食草动物和其他“群落(行当)”中找到。

食草动物有着敏锐的感觉能力,并以此对捕食者保持不间断的高度警觉,而且它们经常能够跑得很快,这样就能逃离捕食者。最终它们通常就有了长长瘦瘦的腿,而且很明显的是它们用趾的尖端在跑,而趾尖在进化中已变得特别长,特别坚硬。这些特别脚趾末端的趾甲也变得大而且硬,我们称之为蹄。牛的每条腿的顶端有两只长长的趾,即我们所熟悉的' 分开 '的蹄。马也是如此，但可能由于历史上的突发事件，它不是用两只趾跑，而是一只。它发端于最初 5 只趾中的中间那只,后来因为进化,其他的趾完全消失了,尽管它们偶尔会出现畸形的' 返祖 '现象。

如我们所知,在马和牛在世界的其他区域进化的这段时间里,现在的南美就独立分开了。但南美有它自己丰富的大草地,因此它进化了自己不同的大型食草动物的种群来开发这些资源,有大量类似犀牛却和犀牛没有关联的怪兽。早期南美食草动物的一些骸骨表明,它们' 发明 '了不同于实际中大象的巨大躯干。有些类似骆驼,有些看上去跟现在地球上的生物没有任何相似之处,或者就像是现代动物怪异的变种。有一种叫做“ LITOPTERNS” 的种群,它们的腿与马有着令人不可置信的相似处,然而它们完全与马无干系。表面的相似愚弄了 19 世纪的阿根廷专家,他认为(他的国家荣誉感是可以体谅的),它们是世界上所有马的祖先。事实上,这些动物与马的相似是表面上,是趋同的。草原生活有很多相同之处,而马和 LITOPTERNS 为了解决草原生活的问题，各自单独进化了同样的特性。尤其有一点， LITOPTERNS 就像马一样,除了中间的那根脚趾以外,其他的趾都消失了,作为脚的下端接合点,这只趾变得很大,从而发展为蹄。LITOPTERNS 的腿和马的腿几乎无法区分，但这两种动物的世系却是很遥远的。

在澳大利亚,大型吃草动物和吃嫩叶动物很不相同,如袋鼠。袋鼠也需要跑得很快,但它们是用不同的方式来实现这一点的。它并不像马(或是假设中的 LITOPTERNS) 那样,发展了 4条腿,跳得高高的,而是完善了另外不同的一步 两条腿跳跃,后面有一根起平衡作用的大尾巴。在讨论这两种办法孰优孰劣时,有一点值得注意 如果身体以这样的方式进化而得到充分利用,那么每种方法都是高度有效的。马和 LITOPTERNS 恰好开发了 4 条腿的跳跃方式,因此最终有了同样的腿。而袋鼠正好开发了双腿跳跃方式,因此发展出它们自己独特的(至少是自恐龙世纪开始)、发达的后腿以及尾巴。袋鼠和马在动物空间中到达了不同的终点,可能仅仅是因为在它们进化的某一个起点上发生了一些偶然的区别和不同。

现在,让我们转到那些让大型食草动物退避三舍的食肉动物上,我们发现了一些更为神奇的趋同现象。在旧大陆里,我们很熟悉这些大的捕猎者,如狼、狗、鬣狗,以及大的猫科动物,如狮子、老虎、美洲豹、猎豹等。有一种最近才开始走向灭绝的大型猫科动物叫剑齿虎。之所以叫剑齿,是因为当它张开那张恐怖的大嘴时,可以看到其上颚突出的那些巨大的犬牙。直到近代,在澳大利亚或新世界大陆(美洲狮和美洲虎是近代从旧大陆的猫科动物进化而来),都没有真正的猫或狗。但在这两个大陆上,都有着与这些动物相近的有袋类动物。在澳大利亚,袋狼或有袋野狼(通常被叫做塔斯马尼亚狼,因为它在塔斯马尼亚生存的时间要比在澳洲主要大陆生存的时间要稍长一些)正在悲惨地走向灭绝,因为它们被人类当作害兽,或在被作为体育活动的狩猎中被大量猎杀(它们在塔斯马尼亚一些偏远地区有一丝渺茫的希望,但现在这些地区本身也因为为人类提供‘工作’而处于被破坏的威胁之中)。顺

便说一句,它不能与澳大利亚真正的狗——在最近的时代由土著人引入澳洲的野狗—— 相混淆。有一部摄于 20 世纪 30 年代的电影,里面有一种袋狼正在动物园笼子里不停地踱步。看得出来,这是一条很神秘的类似狗的动物,只是通过它支撑其骨盆的强健的后腿这种特征,使之区别于"狗",从而轻微地表现出它的有袋特性,这可能与它安置自己的育儿袋有关联。对于任何狗类爱好者来说,关于这些狗类进化可选方法的思考,对于沿着一条被 10 亿年所分裂的平行进化通道的思考,对于一半类似、而另一半与其他世界的狗大不相同的思考,都是一种令人感慨的体验。也许它们是人类的害虫,但人类对它们来说,是更大的害虫。现在已经不再有袋狼了,有的只是大量富余的人类。

在我们发现的长期隔绝的时期里,南美也没有真正的狗或猫,但是,像澳大利亚一样,有类似于猫或狗的有袋动物。可能最多的是 THYLACOSMILUS,它看上去很像最近灭绝的旧大陆的剑齿虎。它张开的匕首样的嘴非常之大,因此我认为它更加令人恐怖。它的名字记录了它与剑齿虎(SMILODON)和塔斯马尼亚狼(THYLACINUS) 表面的密切关系,但如果追溯其祖先,则它与这两种动物相隔甚远。它与袋狼的关系要稍近一些,因为它们都是有袋动物,但这两者作为食肉动物的设计,是彼此相互独立地在不同的大陆进化而来。这进化也不同于有胎盘的食肉动物,以及猫——旧大陆的真正的猫—— 和狗。

澳大利亚、南美和旧大陆更进一步提供了关于多种类型趋同进化的大量例子。澳大利亚有一种有袋"鼹鼠",表面上很难从其他大陆熟悉的鼹鼠中区分开来,但是它们有袋,它们和其他鼹鼠一样用同样的方式谋生,也用同样巨大且极其坚硬的前爪来挖掘。在

澳大利亚还有一种有袋老鼠,尽管在这个例子里,它的相似不是很接近,也是用不尽相同的方式谋生。食蚁兽(这里的‘ 蚂蚁 ’包括白蚁—— 如我们将看到的,是另一趋同)是由各种各样趋同的哺乳动物组成的‘ 种群(行当)’。它们可能又从中分支为打洞的食蚁兽、爬树的食蚁兽、在地面漫游的食蚁兽。在澳大利亚,如我们推测的那样,有一种有袋的食蚁兽,叫做MYRMECOBIUS ,它有着长长瘦瘦的嘴巴用来拱进蚂蚁的巢穴,有一条长长的棍子样的舌头,用它来将猎物一扫而光。它是一种陆生食蚁兽。澳大利亚也有一种打洞食蚁兽，长得也是瘦长纤细。这不是有袋动物，但却是孵卵的哺乳动物群中的一员,属于单孔类动物,和有袋动物比较起来,它和我们隔得非常遥远。这瘦长纤细的食蚁兽也有一只长而突出的嘴巴,但是它的刺让它表面上与刺猬很相似,而不是与其他典型的食蚁兽相似。

南美可能很容易有有袋食蚁兽,因为南美有着有袋的剑齿虎。但是,当刚刚开始时,食蚁兽种群(行当)很早就被有胎盘的哺乳动物所代替。现今最大的食蚁兽是 MYRMECOPHAGA(在希腊这仅指食蚁兽)以及在地面漫游的南美大食蚁兽,这也可能是世界上最为极端的食蚁专家。像澳大利亚的有袋 MYRMECOBIUS 那样,它有着长而尖的嘴巴,其长和尖都是登峰造极的,它还有着极长的棍子般的舌头。南美还有一种小小的爬树食蚁兽，它是 MYRMECOPHAGA 的近亲,看上去像是后者的缩影,只是没有那么极端和夸张的样子而已,它是一种中间阶段的动物形式。尽管是有胎盘的哺乳动物,这些食蚁兽与任何旧大陆的胎盘动物可谓相去甚远,它们属于独一无二的南美家族,这个家族还包括犰狳和树獭。这古代的胎盘动物家族,从大陆的最早时期开始就和有袋动物们共存着。

旧大陆的食蚁兽包括非洲和亚洲的鲮鲤的各个种类,从爬树的形式到挖洞的形式,所有这些动物看上去都有点像长着尖嘴的 FIR-CONES(大食蚁兽)。在非洲还有古怪的土豚,也部分地具备了挖洞的功能。所有这些食蚁兽,不管是有袋的、单孔的或是有胎盘的,它们的典型特征是有着极低的新陈代谢率。新陈代谢率是指它们的化学'火焰'燃烧的速度,大部分很容易测定为血温。新陈代谢率有一个趋势,即取决于哺乳动物的身体大小。较小的动物容易有较高的新陈代谢率,就像是小汽车的发动机比那些大车更容易达到一个较高的速度。但也有一些动物,根据其身体尺寸来看,其新陈代谢率却是极高的;而食蚁兽,不管是其祖先或是近亲,根据其身体尺寸来看,则有着极低的新陈代谢率。为什么会如此,我们还不太清楚,但是它们除了都有食蚁的习惯这一共同点之外,毫无其他的共同之处,因此,这是非常显著的趋同现象,几乎可以肯定有某种东西与这种习惯是相关的。

如我们所看到的,食蚁兽吃的'蚂蚁'不是通常的蚂蚁,而是白蚁。白蚁经常被认为是'白色的蚂蚁',但是它们与真正蚂蚁很不相同,倒是和蟑螂的联系要更大些。真正的蚂蚁是与蜜蜂和黄蜂等有关联的。白蚁表面上模拟蚂蚁,因为它们趋同性地适应相同的习惯。同样的习惯,我应该说,是因为白蚁和蚂蚁群落都有着许多不同的分支,而两者都独立地发展了它们。趋同进化是如此之多，相异和相似都显露了出来。

蚂蚁和白蚁都生活在群体之中,包括不孕、无翼的工蚁,它们致力于'阶级'的大量生产,这些'阶级'有翅膀,有生殖能力,且能飞出去寻找新群体。一个有趣的区别是,在蚂蚁中,工蚁全都是不孕雌性;而在白蚁中,工蚁则是不孕的雄性和不孕的雌性。蚂蚁和

白蚁群体都有一个(有时候是几个)大的“蚁后”,有时(包括白蚁和蚂蚁)还会很奇异地变大。在白蚁和蚂蚁中,工蚁还包括专职蚁,如兵蚁。有时,这些兵蚁作为忠心耿耿的战争机器,特别是它们有着巨大的下巴(这里是指蚂蚁,而白蚁则有着为化学战争准备的“枪塔”),因此,它们不能够自己吃东西,不得不由那些非兵蚁的工蚁给它们喂食。蚂蚁的特殊种类与白蚁的特殊种类相类似。比如,真菌养殖的习惯是在新大陆的蚂蚁和非洲的白蚁中独立地产生。蚂蚁(或白蚁)寻找着植物原料,但它们自己并不消化这些植物,而是把这些植物变成肥料,真菌就在里面滋生。它们自己真正吃的是真菌。在这两个例子里,真菌在蚂蚁巢穴和白蚁巢穴里(而非其他什么地方)各自生长。真菌养殖习惯也在甲壳虫的几个种类中发现它们是独立的、趋同的(不少于一次)。

在蚂蚁中也有有趣的趋同现象。尽管大多数蚂蚁群体稳定地生活在固定巢穴中,但看来还有一支从事掠夺的军队,从而使蚁群取得成功的谋生成效。这被称为军团习性。很明显,所有的蚂蚁都要出去寻找食物，但大多数都会携带着战利品回到固定的巢穴,而蚁后和幼蚁则留在巢穴里。漫游的军团习性的关键,从另一方面来说,是它们将蚁后和幼蚁带在身边,卵和幼蚁被衔在工蚁的下巴上。在非洲,军团习性为所谓的驱赶蚁发展。在美洲的南部和中部,类似的“军蚁”在习性和外形上与驱赶蚁非常相似。它们并没有特别接近的关系,它们肯定是独立地、趋同地进化了“军队”群落(行当)的特性。

驱赶蚁和军蚁有着十分庞大的群体，在军蚁中，有的群体总数达到 100 万,在驱赶蚁中则达到 2000 万。两者都有着从游牧状态到正式状态的交替更迭，有着相对稳定的营地和巢穴。准确地

说,军蚁和驱赶蚁都是群体性地聚集到一起,形成变形虫似的单元,它们都是各自丛林里无情而恐怖的捕食者,它们都将路上遇到的动物撕咬得粉碎,因此它们在各自的丛林里获得了神秘的恐怖的名声。在南美的部分村落里,村民们形成了一个传统,当军蚁的大部队开到时，他们纷纷让出村子。当军蚁离开再返回时,所有的蟑螂、蜘蛛和蝎子—— 甚至藏在茅草屋顶里的——都未能幸免于难。我记得,在非洲,还是一个孩子的时候,对驱赶蚁的惧怕程度甚至要超过狮子或鳄鱼。在这儿我引述当今著名的蚂蚁研究权威,亦即《社会生物学》的作者爱德华 • 威尔逊的话：

> 针对我通常被问得最多的简单的问题，我给出以下回答 不,驱赶蚁并不真正是丛林里的恐怖。尽管驱赶蚁群体是一只超过 20 公斤的“ 动物 ”,并且有着 2 000 万张嘴和螯针,它肯定是昆虫世界里最可怕的生命,但它仍赶不上传说中的可怕。毕竟,蚁群每 3 分钟只能覆盖 1 米见方的地面。任何有能力的丛林鼠,更不用提人类和大象,都能避到一边,很闲暇地思考蚁群的疯狂,对它们来说,蚁群与其说让它们感到威胁，不如说是让它们备感好奇。

成年以后,在巴拿马,我已经避到一边,思忖着新世界里与驱赶蚁同类的动物—— 那些驱赶蚁在我非洲的孩提时代就让人备感害怕,现在它们像一条河在我身边流过,而我能证明的只是奇怪和好奇。一小时又一小时,“ 军队 ”过去了,它们踏过地面的时候也踏过彼此的身体,而我还要等待着蚁后。最后“ 她 ”来了。“ 她 ”的出场很可怕,没法看到“ 她 ”的身体,疯狂的工蚁像灼热的波浪一样流动,它们的上肢相互连接着,像是一个翻滚的球。蚁后位于这个滚热的工蚁球中的某个位置,“ 她 ”的四周都是分成等级的无

数的战士,张开的下巴威胁地朝向外面,随时准备为保卫蚁后而投入战斗。请原谅我想看看“她”的好奇心,我用一根长棍子拨开蚁球,徒劳地想让蚁后露出真面目。很快,20个士兵用它们的巨大的肉螯紧钳住棍子不放,同时有几十个士兵爬上棍子,使我不得不赶紧放手。

我没能看到蚁后,但她肯定是在翻滚的蚁球中的某个位置,这个蚁球是它们整个群体的重要的 DNA 信息库。这些张大嘴的士兵们随时准备为蚁后而死,但这并不是因为热爱它们的母亲,也不是因为“爱国主义”训练的结果,而仅仅是因为它们的大脑和下巴是由从蚁后铭刻而来的基因所产生。它们表现得就像是一个个勇敢的士兵,是因为它们继承了古代蚁后的基因,这些古代蚁后的生命、基因被士兵勇敢地保护着。我的士兵们已从现在的蚁后那儿继承了同样的基因,就像那些古老士兵从古代蚁后那儿继承的一样。我的士兵们正在保卫着正好让它们做这种保卫的指令的原始档案。它们在保卫祖先的智慧,保卫“约柜”。这些古怪的说法会在下一章弄明白。

我感觉很奇怪,很好奇,也掺杂着被遗忘了一半的恐惧的复苏,但被一种成熟的思考所改变,对于它们的这种表现所为何来,我自己的理解有所加深,而这种理解是我在非洲的孩提时代所缺乏的:“军团”达到同样的进化顶点,不是一次,而是两次——这一认识也让我有了提高。这并非我童年噩梦中的驱赶蚁,无论它们有多像,而是它们在遥远的新大陆的近亲。为着同样的理由,它们的所作所为和驱赶蚁一样。现在天黑了,我转回家中,像个惊惧的孩子,但是,对新世界的理解的欢乐取代了在黑暗的非洲时的恐惧。

第五章　基因的力量和档案

外面正在下着 DNA。我的花园位于牛津运河的岸边，花园的尽头栽着一棵大柳树,它正在向空中撒播毛茸茸的籽。空气一阵阵地流动着，这些籽向外面的各个方向飘飞。我的目力所及之处——整个运河的水面都变白了,上面漂浮着棉花样的斑点,因此我们能肯定在其他方向也同样如此。这些飞絮大多由纤维素组成，使包含了遗传信息 DNA 的荚显得很小。DNA 的内容肯定只是其中的一小部分，那么为什么我刚刚说外面在下 DNA 而不是纤维素呢？答案是：DNA 起着决定作用。纤维素软毛尽管很大,但只是起到降落伞的作用,最终没有什么用处。棉毛、柔荑花以及树等所做的一切都是为了完成这一件事：将 DNA 散播山野各处。不只是撒播某一个 DNA,而是撒播所有的其编码详细解释柳树(这柳树将释放出新一代毛茸茸的种子)生长指令的 DNA。这些毛茸茸的东西,确切地说是在散播着制造自身的指令。它们之所以在那儿,是因为它们的祖先都是这么做的。在那儿,外面在下着指令,在下着程序,在下着生长的树,撒播的茸毛以及运算的法则。这并非是一个暗喻,这是很浅显的真理。如果说在下着松软的碟片，这才会令人费解。

虽然很浅显,也很真实,但它长久以来不被理解。多年以前,如果

你问任何生物学家,生命之于非生命,到底有何特别之处。他会告诉你，有一种特殊物质叫原生质。原生质不像任何其他物质，它是至关重要的,是生机勃勃的,是跳动充满活力的,是‘暴躁易怒”(学校校长用于形容反应迅速的词儿)的。如果你把一个生命体切分成更小部分，你最终会得到纯粹的原生质的微粒。在 18 世纪的某个时候,一位类似于柯南道尔式的人物,即柴林格教授,他认为海底的抱脚虫软泥就是纯粹的原生质。当我还是一个学生的时候,那些高年级课本的作者尽管原本应该知道得更多,但他们仍然在书中写作原生质。现在,你永远不会听到或看到这个词,它就像原生质本身以及所谓的宇宙乙醚一样消失了。有关组成生命的物质,没有任何特殊之处。生命是分子的集合体,就像别的事物一样。

特别之处在于,这些分子放在一起的模式要比非生命物质复杂得多,而且这种放在一起的过程是由接下来的程序以及所形成的一套指令来完成的。这些程序和指令存在于有机体本身。也许它们的确是不安地摇摆、悸动、跳动着的,并散发出生命的热量,但这些特性全都是偶然出现的。在每个生命的心脏中所存在的既不是火,也不是温暖的呼吸,更不是‘生命的火花”。它是信息,是语句,是指令。如果你想要一个暗喻,不必联想到火或者是火花、呼吸之类的词;相反,应当想到刻在水晶块上的 10 亿个独立的字码。如果你想理解生命,不要联想生机勃勃的、跳动的凝胶或软泥,而是应当想想信息技术。这就是我在前面的章节中认为蚁后是数据信息库所暗示的意思。

先进信息技术的基本要求是某种有着大量的记忆单元的储存媒介。每个单元必须能够处于独立的状态。数字信息技术现在已

经统治了我们这个充满技巧性的世界。有一种基于模拟信息基础上的其他类型的信息技术。比如一台普通留声机记录的信息是模拟的,它储存于波纹状的凹槽中,而现代激光唱机(通常被称为"压缩光盘",这是有些遗憾的,因为名字不够有内涵,也经常错误地将重音放在第一个音节上)是数字式的,其信息储存于一系列细小的凹点中,每个凹点很明确地要么就在这,要么就不在这,没有中间状态。这就是数字系统的诊断特性,其根本元素很明确地,要不就处于这种状态,要不就处于另一状态,没有中间状态,没有所谓的折中。

基因的信息技术是数字的。这一事实由孟德尔[①]在 18 世纪末发现。孟德尔认为我们不会来自父母的遗传混合。我们从独立的微粒中获得遗传。至于所说的每个微粒,我们要么就继承它,要么就不继承它。事实上，就像新达文主义的开山祖之一 R.A. 费歇尔[②]所指出的，每次我们想到性别的时候，微粒遗传总是写在我们的脸上。我们从男性和女性父母那儿继承了特质，但是我们每个人要么是男性,要么是女性,而不会是雌雄同体。每个新生婴儿在继承男性或继承女性两方面都有约略等同的可能性，但任何一个婴儿只可能成为其中的一个，而不会是将两者混合。我们现在知道，同样的事情也发生在我们继承的微粒上。它们不混合,当它们一代代地往下遗传时,各自保持独立和分离。当然，通常也有遗传单元作用于身体而出现明显的混合迹象。比如,一个高个男子和一个矮个女子结合,或者一个黑人和一个白

① 孟德尔,1822 ~ 1884,奥国神父。用豌豆做实验,发现了孟德尔遗传定律,被尊为"遗传学之父"。

② R.A. 费歇尔,1890 ~ 1962,剑桥大学毕业,英国族群遗传学家、统计学家,新达尔文主义的奠基人。

人结合，他们的后代通常是取中间状态。但是混合的迹象只适用于身体方面的效果，而且这是大量的微粒所产生的较小的一个效应。当微粒传入下一代，它本身是保持独立和分离的。

混合遗传和微粒遗传的区别在进化论历史上是很重要的。在达尔文时代,每个人(除了那个在修道院畅饮大嚼的孟德尔,很不幸,一直到去世,他都被忽略和漠视)都认为遗传是混合的。一位名叫费里曼杰肯的苏格兰工程师指出，作为合理的进化论原理，混合遗传这一事实(就像它被认为的那样)统治着自然选择。恩斯特梅耶则很不友善地指出,杰肯的文章‘ 是基于物理科学家常有的偏见以及误解之上的 ” 。而达尔文深为杰肯的文章而困惑。这充分体现在一篇关于白人因为海难而在一座‘ 黑人 ’居住岛上搁浅的故事里：

> 承认他有着我们所能想像的白人所具备的一切超过黑人的优势,承认他在获取生存机会的斗争中其生命会比黑人首领要长。然而,从这些承认中,并没有得出结论 经过有限或无限的世代以后,岛上的居民会是白人。我们的海难英雄可能成为国王,在生存之战中,他将杀死许多黑人,他将有许多妻子和儿女,而他的许多臣民从生到死都是单身汉……我们的白人特性当然很容易使他活得够长,然而他却没有足够的能力在任何一代中使他的臣民的子孙变白……在第一代可能有不少聪明年轻的混血儿,要比黑人更聪明。我们可以推测一些世代的国王仍会是皮肤或多或少有些黄的人担任,但是谁能相信这整座岛屿的人口将会逐渐变成白色甚至黄色人种呢 ?或者岛上的居民们将会获得力量、勇气、智慧、耐心、自制、容忍这些品质吗 ?因为这些品质,我们的英雄杀掉

了他们的祖先而创造了许多孩子,事实上,如果这种为生存而进行的斗争能选择任何事物,它会选择这些品质吗？

我们不要为白人更高人一等这些种族言论所分心。在杰肯和达尔文的时代,这些言论是毫无疑问的,就像在今天,我们对人的权利、人的尊严和生命的神圣性的最明确的设想也是毫无疑问一样。我们可以以更中立的类推来改述一下杰肯的话。如果你将白色颜料和黑色颜料混合到一起,你所得到的是灰色,你没法得到原来的白色或黑色。混合的颜料与孟德尔的遗传观点相差不太远,甚至今天的流行文化也经常根据‘ 血液 ’的混合来解释遗传。杰肯的观点是一种‘ 淹没 ’的观点,随着世代的推移,在混合遗传的设想下,变化最终越来越具有淹没性和模糊性,越来越多的一致性将得到盛行，最终将不会有变化让自然选择进行下去。

这个观点听起来似乎是合情合理的,但它不仅反对自然选择,更是在反对关于遗传本身这一无法逃避的事实！随着世代的延递,变化渐渐消失,这明显不是正确的。人们不会比他们祖父母时代彼此更相像。变化是一直保持着，而且有许多变化可供选择之用。这是由 W. 威伯格于 1908 年很明确地指出过，而且古怪的数学家 G. H. 哈代也曾提出这个观点。根据哈代(和我的)同事的打赌书中所记录的，哈代曾经和他的同事打过一个赌“xxx 太阳明天会升起 ”。但这个赌使 R. A. 费歇尔和他的同事们(他们都是现代人口遗传学的鼻祖们)根据孟德尔的微粒遗传对费雷明杰肯给出一个充分的答案。如我们将在第十一章里看到的，在 20 世纪初,孟德尔主要的追随者都认为自己是反达尔文主义者,在那个时候,这是一个讽刺。费歇尔和他的同事们认为,达尔文的选择是明智的,而杰肯的问题得到了很好的解答,如果在进化中

发生改变的是独立遗传微粒或基因的相对的“频率”——在任何微粒个体中它们要不就在那儿,要不就不在那儿。费歇尔之后的达尔文主义被称为新达尔文主义。它的数字特性并不是一个偶然的、正好与遗传信息技术相符合的事实。数字式可能是达尔文主义本身奏效的一个必要的前提条件。

在我们的电子技术中,独立的数字定位只有两个状态,传统上以 0 或 1 表示,尽管你可以认为它们可以是高和低、近和远、上和下等所有能够区分彼此的其他东西。这些状态的模式能够被“读出”,因此它能对某些东西有影响。电子技术用不同的物理媒介来储存这些 1 和这些 0,包括磁盘、磁卡、穿孔卡片和智能芯片,这些东西里面有许多半导体小单元。

柳树籽、蚂蚁和所有其他生命细胞中主要的存储媒介并不是电子的,而是化学的。存在和发现有这么一个事实 某种分子能够聚合，并形成一条无限长的链。存在许许多多不同的聚合体。比如,“聚乙烯”由一种叫乙烯的小分子的长链组成。淀粉和纤维素是聚合糖。一些聚合体是由两种或更多不同种类的小分子组成的链,而不是像聚乙烯那样只由一种小分子组成。一旦有异质进入一个聚合体链,信息技术就有了理论上的可能性。如果在一条链中存在两种小分子，这两种分子可能会被认为分别是 1 和 0,这样任何数量的信息都能被存储起来,只要这条链足够的长。运用于生命的微粒聚合体叫聚核苷酸。在生命细胞里有两种聚核苷酸的家族，分别缩写为 DNA 和 RNA 。它们都是一些名为核苷的分子所组成的链。DNA 和 RNA 都是不同种类的链,均有 4 种不同的核苷。当然,这就给核苷的存储提供了存在的机会。生命细胞的信息技术使用四个状况，分别由 A、T、C 和 G 表示,而

不是 1 和 0。在二态的二元信息技术以及生命细胞所运用的四态信息技术之间,区别是很小的。

如我在第一章的最后所提到的,在一个简单的人类细胞里有足够的信息容量来存储三到四倍于 30 册大不列颠百科全书的信息。我不知道一颗柳树籽或一只蚂蚁的可比数量，但也会是相当可观。百合种子或火蜥蜴精子的 DNA 中有着足够的空间来存储 60 倍于大不列颠百科全书的信息。有一种被不公平地称之为‘原始’变形虫的 DNA,则有着 1 000 倍于大不列颠百科全书信息的存储空间。

有一点很令人惊奇，比如在人体细胞里，只有大约 1%的遗传信息似乎是真正用到的，大约相当于一册大不列颠百科全书的信息。没有人知道其他 99%的信息为什么在那儿。在前一本书里，我认为,在那 1%努力的同时,这 99%是寄生的,属于不劳而获的一类—— 这个理论最近被分子生物学以‘自私的 DNA’为名经常提及。一个细菌其信息容量比人类细胞要小一些,但它可能利用了所有的空间,几乎没有什么空间可以容纳寄生虫。它的 DNA “只”能装《新约》的一个复制件！

现代遗传工程师们已经有了将《新约》或别的东西写进细菌的 DNA 的技术。在任何信息技术里,代码(符号)的‘方法’是‘主观的’,而且没有理由我们为什么不应该安排结合方式,比如三个一组,从 DNA 的 4 个字母表到我们的 26 个字母表(将有空间留给所有上方或下方的字母)。不幸的是,这样就要花费大约五个世纪才能将《新约》写进一个细菌,因此我怀疑任何人是否将会为之困扰。如果他们这样做,细菌的繁殖速度非常快,以致于《新约》

的 1 000 万个复制件仅在一天当中就能复制完。如果只有人类能读 DNA 字母表,那这将是一个“传教士般”的梦想。但是,符号是非常小的,《新约》的 1 000 万个复制件能同时在一个针头的表面上跳舞。

常规上,电子计算机的存储器分为 ROM 和 RAM。ROM 代表只读记忆。更严格地说来,它是‘只写一次、可读许多次’的记忆。那些 0 和 1 的模式只‘烧’进去一次,然后就在整个记忆的生命中保持不变,信息可以很多次地被读出。其他电子存储器,叫做 RAM,既能‘写’,也能读。因此,RAM 能够做 ROM 所能做的一切,甚至更多。RAM 代表的确切字母找不到,因此我不再提及。关于 RAM,问题在于,你能在你想要的任何情形下,将任何 1 或 0 的模式输入任何你想要的部位。当我敲这些字的时候,它们直接进入 RAM,控制事物的文字处理程序也在 RAM 里,尽管它理论上是‘烧’进 ROM,然后不会再改变。ROM 用于许多固定的标准程序,这些程序是反复需要的,不可以被改变。

DNA 是 ROM。它能被读几百万遍,当它最初开始排列在它所处的初生细胞里的时候,只能写一次。任何个体细胞中的 DNA 被“烧进去”,除了极少可能的退化,它在个体的生命时间里永远不会被改变。但它能被复制,亦即在细胞分裂时被复制。A、T、C 和 G 核苷的模式很忠实地复制进每一个婴儿成长中的上万亿个新细胞的 DNA 中。当一个新个体孕育的时候,一个新的、独一无二的数字模式被‘烧进’了他的 DNA/ROM,而他/它将在今后的生命中紧紧依附于这一模式。这种模式被复制进他/它所有的细胞(除了他/它的生殖细胞,如我们所知,生殖细胞某一半 DNA 得到了复制)。

所有的计算机存储器,无论是ROM或者是RAM,都是通过存储单元指令存入或取出的。这是指记忆的每个存储单元都有标签,通常是一个数字,但这是不容置疑的惯例。这对理解一个记忆存储单元的地址和内容是很重要的。每个存储单元都通过其地址得以知晓。比如,这章节开头的两个字母"IT",此刻就处于我电脑中的6 446和6 447两个存储单元之中。我的电脑一共有65 536个RAM存储单元。在另一时间,这两个存储单元将会不同,一个存储单元的内容是这个存储单元最近所写入的任何内容。每个ROM存储单元也有一个地址和内容,不同之处是每个存储单元直到最后都与其内容紧密联系。

DNA沿着线状的染色体排列着,像是长长的计算机磁带。我们身体每个细胞中所有的DNA,其存储单元就像ROM在计算机中的存储单元安排方式那样。我们用来标识一个地址的确切的数字或名字都是主观决定、不容置疑的。所需注意的是,我的DNA的微粒存储单元相当于你的DNA的某一微粒存储单元——它们有着相同的地址。我的DNA存储单元321 762的内容有可能、或不可能和你的存储单元321 762的内容一模一样,但我的存储单元321 762在我细胞中所处的地点肯定与你的存储单元321 762是相同的。"地点"在这儿是指沿着染色体长度的地点。一个细胞中染色体的确切物理地点无关紧要。的确,它以液态方式四处漂游,因此它的物理地点也在变化,但是沿着染色体的每一个存储单元都是沿着染色体长度的直线顺序进行排列的,就像沿着计算机磁带的每个存储单元所排列的那样,虽然磁带是平铺散布,而不是卷起来。我们所有人,所有人类,都有同样的一套DNA地址,但这些地址内容并不相同。这就是我们彼此互不相同的主要原因。

物种间没有相同的地址。比如,黑猩猩有 48 条染色体,而我们是 46 条。严格说来不可能通过地址来比较内容，因为地址不会越过物种障碍而与其他物种的地址等同相当。然而,关系相近的物种,比如猩猩和人类就有着大量的相近的内容,我们可能很容易地找到共同点,尽管这两个物种并不运用同样的地址系统。定义一个物种的方法是所有的成员都有着同样的 DNA 地址系统。除了极少的例外,所有成员都有相同数目的染色体,在同一物种里，某一个体沿着其染色体长度的每一存储单元的数目,与另一个体相对应的染色体的同一存储单元的数目是精确地对应着的。区分一个物种中的成员，要诀在于这些存储单元的内容。

不同的个体,其内容的不同来自于下面的几个方式。在这儿我必须强调,我是在讨论像我们自身这样的有性生殖。我们的精子和卵子各自包含了 23 条染色体。我的一个精子里的每个存储单元与我的其他精子中的存储单元相类似,你的卵子(精子)也都这样。我的其他所有的体细胞是都包含着 46 条染色体(两套)。每一个这样的细胞里,同样的地址要用两次。每个细胞包括两个染色体九，以及沿着染色体九的存储单元 7 230。两者的内容可能,或不可能相同,就像它们在这一物种的其他个体中有可能、或不可能相同那样。如果一个有着 23 条染色体的精子是由一个有着 46 条染色体的体细胞产生的,那么它只能得到每个存储单元的两个复制本中的一个。它能得到哪一个,就是几率的问题了。同样的道理对卵子也是适应的。结果是,根据其存储单元的内容,每个精子所产生的和每个卵子所产生的都是独一无二的,尽管一个物种的所有成员其地址系统都是相同的(有个别的例外,不过与我们无关)。当一个精子和一个卵子结合,那么 46 条染色体当然也就结合在一起,而且这 46 条染色体被复制到发育中的胚胎的所

有细胞中。

我说 ROM 不能"写",除非当它是第一次被制造,这对于细胞中的 DNA 来说也是一样的，除非是复制过程中发生偶然错误。但是,由整个物种的 ROM 组成的共有信息库能被建设性地"写入"。当世代交替下去,物种非任意的生存和个体繁殖的成功,将极有效地把改进了的生存指令写入这个物种共有的遗传存储中。当世代更迭下去时,每个 DNA 存储单元中，每个不同的内容有多少复制本的数量的改变,这是一个物种的进化改变的一大组成部分。当然,在任何时候,每个复制本必须位于某一个体之中。不过进化的关键是,在某个种群动物中,每个地址上的其他可能的内容所改变的频率。地址系统保持一样,但是存储内容的统计数字随着世纪的推移而变化。

地址系统本身发生变化，但那需要很长时间。黑猩猩有 24 对染色体,而我们有 23 对。我们和黑猩猩有着共同的祖先,因此,要不就是我们、要不就是黑猩猩的祖先在某一个点上发生了染色体数目的改变。要么我们失去了一个染色体(两个合并),要么是黑猩猩得到了一个(一个分裂)。肯定至少有那么一个个体,他有着不同于其父母的染色体数目。在整个遗传系统中还有其他偶然的改变。如我们所知,代码的长度偶尔可能被复制成完全不同的染色体。我们知道这些,是因为我们发现,分散在染色体四周的 DNA 长链的内容是一致的。

从一个存储单元中读取计算机存储器中的信息时,有两件事可能发生。要么这信息是简单地在某处写入,要么它牵涉到某种"行动"。在某处写入意味着复制。我们已经看到 DNA 很容易从一

个细胞复制到另一个新细胞,而一大‘块’DNA可以从一个个体复制到另一个个体。而‘行动’就要更复杂些了。在计算机里,一种行动是程序指令的执行。在我的计算机ROM里,存储单元数字64 489、64 490和64 491,一起涵括了内容的模式——1和0,当它被指令中断时,会导致计算机扩音器发出类似于雷达信号般的声音。这种位组合模式是1010110101100110000000,这种模式并非天生就有雷达信号或其他噪声。没有任何证据显示它对扩音器会产生如此效果。只有当计算机其余部位接通电源时,才会产生这种情况。同样,DNA四字母代码的模式,比如对眼睛的颜色或行为也产生效应,但这些效应并非DNA数据模式本身所固有的。它们只在胚胎的其余部分发育时才产生效应,而胚胎发育也被DNA其他部位模式的效应所影响。基因之间的这种相互作用将是第七章讨论的主题。

在它们被牵涉到任何一种行动之前，DNA代码必须转译成其他媒介方式。它们首先转录为相应的RNA符号。RNA也有四字母表。从这儿,它们被转译为不同种类的聚合体,名叫多肽或蛋白质。它可被称为聚氨酸,因为其基本单元是氨基酸。在生命细胞中,一共有20种氨基酸。所有的生物蛋白都是由这些基本构筑成分所组成的链。尽管一个蛋白质是一个氨基酸链,但它们大多数并不长,也不是线状的。每条链都卷成一个复杂的结,这种精确的形状是由氨基酸的顺序所决定的。氨基酸的既定顺序使得这个结的形状不会改变。而氨基酸的顺序又由DNA密码决定(通过RNA,以之作为中介)。所以说,蛋白质的三维卷曲形状由DNA中的密码的一维顺序所决定，这是有道理的。

转译程序体现了著名的三字母‘遗传密码’。这是一本字典,在这

本字典里面,64 套(4×4×4)DNA(或 RNA)符号中的每一套都被翻译成 20种氨基酸的一种,或是一个“ 停读 ”符号,一共有 3 个这种‘ 停读 ’标点符号。许多氨基酸至少被一套 DNA 对之进行编码(你可能对有 64 套 DNA ,却只有 20种氨基酸这一情况有了某种猜测)。从严密连续的 DNA/ROM 向稳定不变的三维蛋白质形状，这整个的翻译过程是数字信息技术的一个了不起的壮举。接下来的由基因影响身体的步骤，就不像计算机那样明显了。

每一个生命细胞,即使是一个简单的细菌细胞,都可以看做是巨大的化工厂。DNA 模式,或者是基因,都通过对这个化工厂的进程施加影响,努力产生效应——它们是通过对蛋白质分子的三维形状施以影响而做到这一点的。用‘ 巨大 ’这个词形容细胞听起来也许有些惊人,特别是当你还记得 1 000万个细菌细胞坐在一个针头表面的那个例子。但你也应该还记得每个这样的细胞能够容纳《新约》的全部内容,而且,当它被自身包含的精密机器的数目测量时,它是极其巨大的。每个机器在 DNA 延伸的情况下放在一起时,每个机器都是一个很大的蛋白质分子。称作酶的蛋白质分子在一定意义上都是机器,每个分子都会导致一个化学反应发生。每种蛋白机器都竭尽全力制造自己的化学产品。为了能做到这些,它运用一种在细胞内到处漂游的原料,这些原料也很可能是其他蛋白机器的产品。为了对蛋白机器的大小有一个概念,可以这么说,每个蛋白机器都是由大约 6 000 个原子组成，以分子的标准来衡量,这是非常大的。在一个细胞中,有大约 100 万个这样的机器，而且有超过 2 000 个不同的种类，每个种类在化工厂(细胞)专门从事各自的运作。这是酶的独特的化学反应，从而让一个细胞有了自己的个体形状和行为。

既然所有体细胞都包含着同样的基因,那么所有体细胞彼此不相同这一点就有些令人惊讶。理由是,基因的一个不同子集在不同种类的细胞中被读出,其他的被忽略了。在肝细胞里,那些与肾的构建相关的 DNA/ROM 的部分不被读,反之亦然。一个细胞的形状和行为取决于这个细胞中的哪个基因被读,然后翻译为它们的蛋白质产品。这取决于细胞中已存在的化学物质,而这些化学物质又部分地取决于之前读出的是哪个基因,同时也部分取决于邻近的细胞。当一个细胞分裂为两个,两个子细胞彼此并不一定相同。比如,在最初的受精卵里,某种化学物集中到细胞的尾部,其他则在另一尾部。当这种极化的细胞进行分裂时,两个子细胞得到不同的化学分配。这意味着在两个子细胞中,将会读到不同的基因,而一种自我巩固的分歧会继续。整个躯体的最后形状、肢翼的大小、行为方式的选择,这些全都是不同类细胞之间的相互作用的间接结果,这些细胞的不同是通过读出不同的基因而产生的。这些不同的进程,根据第三章中的‘回归’程序,可以认为是一种‘当地自治’,而不是在某种宏大设计中的一种协调。

“行动”,运用到这个章节中,是指遗传学家在提及基因的‘表型效应’时所谈到的。DNA 对躯体、对眼睛、对头发、对进攻行为的强烈程度以及其他上千种特性都有着影响。在被 RNA 读出,然后翻译成蛋白质链(随后影响细胞形状和行为)之后,DNA 充分发挥它们的影响。这是 DNA 模式中的信息能被读出的方式之一。另一方式是它能被复制进一个新的 DNA 链,这就是我们早些时候讨论的复制。

DNA 这两种信息传递方式——垂直方式和平行方式，有一个根本区别。信息以垂直方式传给可以产生精子或卵子的细胞（这些

细胞也能制造其他细胞)中的其他 DNA。因此它是垂直传给下一代,再到下一代,直到无限远的未来世代。这些 DNA 可称之为"档案 DNA"。它很可能是永生的。档案 DNA 沿着这些前仆后继的细胞往下遗传,这些细胞被称为基因线。基因线是指在一个躯体内,一组细胞是精子或卵子的先祖,因此也是未来世代的先祖。DNA 也可以侧向或平行传递：把 DNA 传向非基因线的细胞,比如肝细胞,或皮肤细胞,在这些细胞中传给 DNA,然后传给蛋白质并对胚胎发育产生效应,从而对成年形状和行为也产生效应。你可以将平行传递和垂直传递认为是第三章中所阐述的"发育"和"复制"。

自然选择是相互竞争的 DNA 将自己成功地垂直传递到物种档案的这样一种过程。"DNA 竞争对手"是指物种染色体地址中的其他不同内容。有些基因要比竞争对手更容易、更成功地保存于档案。尽管沿着物种档案进行垂直传递最终是意味着"成功",但成功的评判标准通常是指基因通过侧向传递对躯体所采取的行动。这也就像原始的计算机模型。比如，假设在老虎身上有一个基因,通过它在下巴的细胞中侧向传递,使得牙齿变得比那些由竞争基因组成的老虎的牙齿更尖利。一只有着格外尖利牙齿的老虎比其他老虎能够更有效地、更多地杀死猎物,因此,它就有更多的后代,因此也就垂直传递,使牙齿尖利这一基因有更多的复制本。当然,它也同时传递其他基因。但一般来说,只有这个特别的"利齿基因"才会在利齿老虎的身体中找到自己。根据其垂直传递，基因本身从其对所有系列的躯体的效应中获益。

DNA 作为一个档案媒介，其表现是惊人的。其保存信息的容量要远远超过在石头上的碑文。牛和豆荚有着极其相近的基因,名

叫组蛋白 H4 基因。DNA 内容有 306 个字母长。我们不能说在所有物种上它都占据了同样的地址,因为越过物种对地址标签做比较是毫无意义的。但我们能够说,在牛身上有一个 306 个字母的长度,实际上和豆荚的那个 306 个字母的长度是一致的。牛和豆荚的不同之处在于,在这 306 个字母中,只有两个字母不相同。我们不能确切地知道牛和豆荚的共同祖先生活在哪个久远的年代,但是化石证据表明,这大概是在 10 亿年之前到 20 亿年之前的某个时段。姑且说就是 15 亿年以前吧。在这个不可想像(对于人类)的时间里,从遥远祖先分支而来的这两个世系的每一个,它们都保留了 306 个字母中的 305 个(一般说来,可能是一个世系保留了所有的 306 个字母,而另一世系则保留了 304 个)。而刻在墓碑上的字母在仅仅几百年间里就可能变得无法辨认。

在某种意义上,组蛋白 H4 的 DNA 文件的保存更能令人印象深刻,因为它并非像墓碑上的字那样保存内容同样的物理结构,而是随着世代的交替更迭,反复地被复制、复制、再复制,就像是希伯来的手抄本每隔 80 年抄写一次以防止流失一样。很难确切地估计组蛋白 H4 文件从与豆荚的共同祖先开始，在世系中究竟复制了多少遍最终才产生了牛，但很可能是 200 亿次。同时也很难找到恰当的准绳来比较在这 200 亿次的复制过程中,99% 以上的信息的保存量。我们可以试着用祖母的耳语这个游戏寻找答案。想像 200 亿个打字员坐成一排。这排线可以整整绕地圈 500 次。第一个打字员打了一页文件,递给第二个人 第二个人复制了这个文件,又递给下一个人,这样不断复制和传递到下一个人……最终,文件信息到了最后一个人手里,于是我们读到了它(或者是我们的第 12 000 个曾曾曾……孙读到了它，如果说所有的打字员都有一个好秘书的打字速度）。原信息的忠实度将会有多少？

为了回答这个问题，我们必须对打字员们的精确性做一些假设。让我们把问题转向另一方向。为了能与 DNA 的表现相匹敌,打字员们必须有多好才行？答案实在荒谬得都不想说出来。每个打字员在一万亿次中只能出现一个错误率,也就是说,他必须准确到这个地步 打《圣经》25 万次,只能出现一个简单的错误。实际生活中,平均一张纸出现一个错误,就算是好秘书了。这样,组蛋白 H4 基因的错误率大约为 5 亿次。如果这一长排打字员是生活中的秘书,那么在这 200 亿人排成的打字员中的第 20 个打字员会把内容减少到原文的 99% ,到了第一万个成员的时候,留存的信息内容不到原文的 1%。在 99.9995% 的打字员看到它之前,几乎全部内容都消失了。

整个的比较看来有点像骗局，但很有趣，也展现出事实的真相。我有一个印象,就是我们所用的衡量方法是复制的错误。但是组蛋白 H4 文件并不曾被复制，它遵从于自然选择。组蛋白对于生存极其重要。它被用在染色体的结构工程上。在复制组蛋白 H4 基因的过程中,更多的错误可能会大量地出现,但是突变的有机体并不存活,或者至少不会繁殖。为了使这种比较更公平,我们必须假定,每个打字员的椅子上都有一把枪,和打字员系在一起，如果打字员犯了错误,他将被一枪打死,其位置也被储备打字员所代替(那些易受惊的读者可能更愿意设想一个弹簧排出器,可以代替枪将这些不合格的打字员轻轻地弹出这条长线,但是枪却给了一个关于自然选择的更理想的画面）。

因此通过观察在地质年代中实际所发生的改变的数目,这种衡量 DNA 保存的办法，将忠实的复制和自然选择的过滤效应混合到一起。我们只看到 DNA 的成功改变所产生的后代。那些导致

死亡的改变我们却不能看到。在自然选择对基因的新一代发生作用之前,我们能衡量在普通人当中实际上的复制忠实度吗?是的,这与突变率相反,而且它能被衡量。任何一个字母在任何一个复制情境下被错误复制的可能性都要比十亿分之一要稍多一些。这两者不同之处是突变率,以及改变在进化过程中实际上被并入到组蛋白基因中的更低的比率,是自然选择在保存这些古代文件的有效性的衡量办法。

组蛋白基因的永世保存,从遗传标准来看是罕见的。其他基因以更高的比率改变着,可能是因为自然选择更能容忍它们一些。比如,决定蛋白质编码的基因,如血纤维蛋白肽在进化中以接近于基本突变率的比率改变着。这也能意味着,这些蛋白质(它们在血液的凝结过程中产生)细节中的错误对于有机体没有什么影响。血红蛋白基因有一个介于组蛋白和血纤维蛋白肽之间的改变比率。可能自然选择对它们出错的容忍度也介乎其中。血红蛋白在血液中起着重要作用,具体到细节方面都是很重要的,但是它的一些其他变体看来也能同样做得很好。

如果能想得深远一些，这儿似乎有一荒谬之处。进化最慢的分子,如组蛋白,被证明是最遵从于自然选择的。血纤维蛋白肽是进化最快的分子,因为自然选择几乎完全忽略了它们。它们不受控制地以突变的比率进化着。看来有些荒谬的理由是,我们如此强调自然选择,把它作为进化的驱动力。如果没有自然选择,我们也许会认为不会有进化。或反过来说,强烈的“选择压力”,可能会导致快速的进化。相反,我们所发现的是,自然选择对进化起到一个制动的效应。在没有自然选择的情形下,进化的比率是一个最大可能的比率。这与突变率是同义的。

这实际上并不真的很荒谬。当我们仔细想想,我们明白不可能不如此。自然选择所决定的进化不会比突变率更快,因为突变最终是新的异种进入物种的惟一方式。所有的自然选择能做的是接受某种新的异种,并拒绝其他的。突变率必须给出一个比率的上限,进化能够以这个比率继续下去。事实上,大多数自然选择更倾向于防止进化的改变,而不是推动它。我得赶紧声明,这并不是指自然选择只是破坏性的过程。它也能以我们在第七章中将解释的方式进行建设性的工作。

即使突变率也是相当低的。这也是说，即使没有自然选择,DNA 密码在精确保存其档案方面的表现同样令人印象深刻。一个保守的估计是，在没有自然选择的情况下,DNA 复制非常精确,它需要 500 万世代才错误地复制字母的百分之一。即使没有自然选择,我们假设中的打字员们仍是无法望其项背。为了与没有自然选择的 DNA 匹敌，打字员们每个人必须能够打完全部的《新约》,而错误却只有一个才行。也就是说,他们每个人必须比真正生活中的打字员要精确 450 倍。这显然比适合相比的 5 亿这个数字要少得多,这是自然选择以后的组蛋白 H4 基因比一个打字秘书更精确的因素，但它仍是一个很醒目的数字。

但我已经对打字员不公平了。事实上，我假定他们注意不到错误，且不会纠正它们。我假定根本就没有校正这回事。事实上，他们当然校正了。因此用这种简单的方式,这数以亿计的打字员不会导致原始信息减少。DNA 复制机制也同样地进行错误校正工作。如果没有这个机制,它将不会保持那种我描述的令人惊讶的精确性。DNA 复制程序结合了各种各样的‘校正’训练。这是非常必需的,因为 DNA 密码的字母绝非像雕刻在岩石上的文字

那样是静态的。相反,所涉及的分子太小了——记住《新约》在针尖表面上的那个说法——以致于它们处于来自于因为加热而不断碰撞的分子们的袭击。在信息中，字母不断变迁，不断周转。在每个人体的细胞中,每天有大约 5 000 个 DNA 字母衰退,并迅速由修补机制所替换。如果这个修补机制不在那儿永不停息地工作,信息就将慢慢溶解流失。最新复制内容的校正只是正常修补工作的特例。校正主要是对 DNA 出色的精确性和信息存储的忠实性负责。

我们已经看到，DNA 分子处于令人惊叹的信息技术中心位置。它们能够将大量的精密的数字化信息包容进一个小小的空间,而且它们能够以少得令人吃惊的出错率(但仍有一些错误)保存这些信息,并且保存时间非常之长,如数百万年之久。这些事实正在将我们引向何处?它们在将我们引向关于地球生命的真理,引向我在本篇开头所述的柳树籽中暗含的事实。有机生命体之所以存在,是得益于 DNA 而不是其他东西。虽然这不是很明显，但我希望能够说服你。相对于个体生命期的时间刻度， DNA 分子包含的信息是永恒的，DNA 信息的生命期从几百万年到上亿年不等,或者,换句话说,从一万个个体生命期到一万亿个个体生命期不等。每个有机体个体应该被视为临时的工具，在这里，DNA 信息度过了它们地质生命期中的极小一部分。

这个世界充满了存在的事物!且不争论这些,但这将把我们带到什么地方?存在着的事物要么是因为它们最近才存在,或者是因为它们有着一种特性,可以使得它们过去就不可能毁灭。岩石存在的比率不是很高,但它们一旦存在,就坚硬而持久。如果它们不是这样,那就不成其为岩石了,它们就是沙子。事实上,它们有

些就是,这就是我们为什么有海滩 它们正好就像岩石的存在那样耐久。另一方面,露珠存在,并非因为它们能持久,而是因为它们还没有时间蒸发。看来有两种" 存在价值 "露珠类的,总结为" 可能存在,但不能持久 "岩石类,归结为" 存在可能性不大,但一旦存在,就能持久 "。岩石具有持久能力,而露珠则具有" 生殖能力"(我原想试着想一个不那么丑陋的词,但实在办不到)。

DNA 则兼而有之。DNA 分子本身,作为一个物理实体,类似于露珠。在适当的条件下,它们以高比率存在,但时间不长,在几个月之内就可以毁掉。它们不像岩石那样持久。但是在它们的序列中,所拥有的模式则与最坚硬的岩石一样持久。它们能存在几百万年之久,这就是为什么它们现在还在这儿的原因。与露珠最根本的区别是,新的露珠并不是由旧的产生,虽然它们毫无疑问地彼此相像,但它们并非就与它的" 父母 "特别地相像。不像DNA 分子那样,它们并没有形成世系,因此不会传递信息。露珠存在,是自发地独自产生,而 DNA 信息则是复制。

像" 世界充满了事物,这些事物有着它所带到这个世界的东西 "这样的真理,在我们将之运用到某种特别的持久能力,以及许多复制品世系的持久能力之前是微渺的,甚至有些傻。DNA 信息有着区别于岩石的持久能力,也有着区别于露珠的" 繁殖能力 "," 这些事物所带到这个世界的东西 " 就有了并不明显和反复的意思。" 这些事物所带到这个世界的东西 "包括了构建像你像我这样的机器,以及所知宇宙中最复杂事物的能力,让我们看看这些是如何做到的。

从根本上来说,我们了解到的 DNA 的特性已被证明是任何积累

选择过程必需的基本要素。在第三章电脑模型中,我们精密详尽地将积累选择的基本成分构筑进了计算机之中。如果积累选择在这个世界上真的发生，一些有着这些基本成分的个体必然诞生。现在,让我们看看这些成分是些什么。这样做的时候,我们应该记住一个事实,即这些成分至少肯定是在早期地球上自发地产生,否则累积选择和由此而来的生命,将永远不会在最初的时候开始。我们在这儿谈论的,并不专门是 DNA ,而是宇宙中生命产生所需的基本成分。

当年,犹太人先知伊齐基尔在骨骼山谷里,对骨骼进行预言,并把它们连接到一起。然后他又对骨架进行预言,并将肌肉和筋腱附着在骨架上。但它仍没有呼吸。因为它缺少了生命成分中至关重要的一点。一个死气沉沉的行星里有原子、分子和大块的物质,根据物理学定律,它们偶尔会互相碰撞,并导致原子和分子接合在一起(就像伊齐基尔的干巴巴的骨头那样),但有时也会导致它们分开。它们既能形成巨大的原子结合物,但也会被压碎而又分开,但依然是没有呼吸。

伊齐基尔于是召集了四股风，将生命的呼吸吹进干枯的骨头里。一个像我们的早期地球一样死气沉沉的星球,究竟需要些什么样的重要成分,才能有机会像我们的星球这样最终产生生命?它不是呼吸,不是风,不是任何万灵药,也根本不是一种物质,而是一种特性,一种自我复制的特性。这是积累选择的基本要素。作为普通物理定律的结果,某种方式上肯定产生形成了自我复制的实体,或者是我称之为复制者的东西。在现代生命中,这个角色差不多完全由 DNA 分子来担当，但是一些能产生复制品的东西也可以这样。在原始地球上的第一个复制者究竟是不是 DNA 分

子，对此我们可能犹存怀疑。一个羽翼丰满的 DNA 分子，在没有其他那些存在于生命细胞中的分子的帮助下，是不可能一蹴而就地产生和存在的。第一个复制者可能比 DNA 要简单、粗糙。

还有两种其他的必需的成分，它们通常自动地从第一种要素，即从自我复制本身所产生。在自我复制过程中，肯定偶尔会有错误，即使 DNA 系统很少出现错误，有可能地球上的第一个复制者相对要不稳定得多。一些复制者至少在将来会运用“力量”。最后一种要素听起来比它实际上的要险恶得多，其意思是指复制者的一些特性本应对它们被复制的可能性产生影响。至少这可能是自我复制本身这一基本事实不可避免的结果。

每个复制者都有其自己的复制品。每一个复制都和原始的相同，并有着相同的特性。当然，在这些特性中，有一种让自己有更多复制的特性(有时会有错误)。因此，每个复制者很可能是无数的后代复制品的‘祖先’，一直延伸到遥远的未来，并可能分支产生数目极多的后代复制品。每一个新的复制品必须由原物质形成，这些原物质是漫游四周的更小的‘建筑块状物’。可能复制者充当着某种样板或模型的作用，那些更小的元件一起集中在这个模板中，就像以模板制成复制品那样。然后，复制品成了自由身，自己也开始充当起模板了。因此，模板有一个潜在的‘群落’在增长。这个群落不会无限地增加，因为原材料——那些集中到模板中的更小的成分——的供应是有限的。

现在我们介绍第二种要素。有时复制不会很完美，会发生错误。错误的可能性不会从任何复制过程中驱除掉，尽管这种可能性会尽量减少到最低水平。这就是高保真设备的制造者一直以来为

之努力奋斗的。如同我们所看到的，DNA 复制过程在减少错误方面是令人惊叹的。而现代的 DNA 复制是一项高端技术，有着经过累积选择的无数代而得以完善的精确的校正技巧。如我们所见，第一个复制者可能相对比较粗糙，复制忠实度也较低。

现在回到复制者的群落当中，看看那些怪异的复制是什么样的效应。很明显，所存在的不是一个相同复制者的同一的群落，而是混合性的群落。可能很多怪异复制品会被发现丧失了它们“父母”拥有的自我复制的特性。但是有一小部分仍保留这种自我复制的特性，同时在其他方面又有不同于“父母”的特性，在这群落中会有被复制的错误的复制品。

当你读到“错误”这个词，请从脑中驱除掉所有关于它的轻视的联想。它只是从高度忠实的复制这一角度来说的。错误有可能会产生改善的作用。我敢说，一道精美珍奇的新菜可能起因于厨师在试图照菜谱做菜时所犯的错误。回到最原始的复制者这个话题，极其重大的复制错误可能导致复制效率降低，或者整个失去自我复制特性，而少数的错误，事实上证明甚至比产生它们的母辈复制者有着更好的自我复制特性。

“更好”意味着什么？最终它意味着在自我复制方面更有效，但这在实践中又意味着什么呢？这就带来了第三种“要素”。我曾用“力量”来形容过它，你很快就能明白个中原因。当我们把复制当作一个塑模过程来讨论时，我们看到这个过程的最后一步肯定是新复制品从旧模板那儿获得了自由。这一过程占据的时间可能受一种我称之为旧模板“黏着力”的特性的影响。假设在复制品群落中，因为旧的复制错误回到它们的“祖先”中，所以这些复制

品在变化,某些变化可能比其他变化更黏着。在新复制品最终获得自由,然后又重新开始这个过程之前,一个有着极强黏着力的变化依附在这一新复制品上,时间平均约为一个多小时。一个较少黏着力的变化只在几秒钟内就脱离新复制品而去。这两种变化,哪种能够主宰复制品群落 答案是毫无疑问的。如果这是区别两种变化的惟一特点,这个黏着力强的变化在群落中一定会少得多。无黏着力的变化努力地复制着无黏着力的特性,速度上千倍于有黏着力的变化。中度黏着力的变化则有着自我繁殖的中间速度。有一种' 进化趋势 '朝向减少了的黏着力。

类似这种基本的自然选择的某些东西已经在试管中进行过复制。有一种病毒,叫 Q-BETA ,是埃希氏大肠杆菌的寄生物。Q-BETA 没有 DNA ,但它有大量的 RNA 分子。RNA 能够以类似于 DNA 的方式被复制。

在一个普通的细胞里，蛋白质分子排列到 RNA 计划的清单里。这些都是计划的工作复制件，是从保留在细胞的档案的 DNA 那儿' 逃逸 '出来的。但它理论上可能建造一个特别的机器—— 类似于细胞机器的其他部分的一个蛋白质分子—— 一些 RNA 分子可以从其他 RNA 分子中' 逃出 "。这样一种机器被称作 RNA 复制酶分子。细菌细胞本身通常对这些机器没有什么用处,也不会建立任何机器。但是因为复制酶只是像其他一样的蛋白质分子,因此细菌细胞的这种万能的蛋白质制造机器很容易炮制,就像汽车厂里的机器工具在战争年代可以很快为其他用途所代替:它们所需要的是被施以合适的方案。这就是病毒的来处。

病毒的运作部分是一个 RNA 计划。表面上,自从从细菌的 DNA

命令中逃逸出来以后，它就不能从任何其他 RNA 工作方案中分辨出来。但是如果你读一下 RNA 病毒的小印记时,你会发现有些东西很可怕地写在那儿。字母拼出一个制造 RNA 复制酶的计划—— 制造可以造更多相同 RNA 计划的复制品的机器,使更多的机器可以制造这些计划的更多的复制品。

因此,这个工厂被这些自私的方案洗劫一空。在某种意义上,它急需被洗劫。如果工厂里有很多机器，这些机器太精密复杂了,它们能够做任何方案要求它们所做的,因此,如果有一天方案要这些机器复制自身,这也不会令人吃惊。然后工厂充满了越来越多的无赖似机器,每个机器都在贯彻方案的意图下制造大量的能够复制自身的机器。最终,不幸的细菌爆发了,释放出上百万个病毒,从而又感染新的细菌。

我把 RNA 复制酶和 RNA 各自称为机器和方案，在某种意义上(这一点在最后一章还会有探讨)它们确是如此。但它们也是分子,人类的化学家可以将它们净化,瓶装起来,把它们贮藏在架子上。20 世纪 60 年代哥伦比亚大学分子生物学家苏尔斯皮格尔曼和他的同事们在美国就是这样做的。他们把这两种分子放到一起溶解,一个奇妙的现象发生了。在试管里,RNA 分子在自身复制合成的过程中充当着模板的作用，而 RNA 复制酶则起了帮助的作用。机器工具和方案被取出,彼此隔开冷藏起来。一旦又让它们相互接近,也接近作为原物质所需的小分子时,它们在水中又故伎重演,即使它们不再是生活在一个细胞里,而是在一支试管里。

在实验室里,从这一点到自然选择和进化只是很短的一步,它只

是计算机生命形态的一个化学样式。实验方法基本上是摆开一长排试管,里面装着 RNA 复制酶的溶液,以及原物质、小分子的溶液,它们用于 RNA 合成。每个试管都包含着机器工具和原物质,但到现在为止,它还是闲置着的,因为它还缺少方案。现在极少量的 RNA 被注入第一个试管。复制酶很快进入工作状态,并开始制造许多新引入的 RNA 分子的复制件,这些 RNA 分子扩散到整个试管中。将第一个试管中的一小滴溶液移出来放进第二个试管中。在第二个试管中又重复了前面所发生的过程。随后又将第二个试管中的一滴溶液放进第三个试管中,如此类推。

由于偶然的复制错误,一种轻微不同的、突变的 RNA 分子自发产生了。如果由于某种原因,新的变种比旧的 RNA 竞争力更强(也许是因为它的黏着力较低),它能使自己复制得更快,或者更有效。新的变种显然将扩散到它所产生的这个试管,数目上也将大大超过那些产生它的"父母"RNA。然后,当一滴溶液移种于另一个试管中,又会有新的变种产生。如果我们对这长排的试管溶液进行测量,我们可以发现这就是进化的改变过程。在最后几个试管中产生的竞争力更强的 RNA 变种被瓶装起来,取名以备后用。一个变种,比如名叫 V2,比正常的 Q-BETA 的 RNA 复制速度要快得多,也许是因为它更小一些。不像 Q-BETA 的 RNA 那样,它并没有必须要制造复制酶那些计划的'烦恼'。复制酶在试验中是自由的。在加利福尼亚,雷思利奥根和他的同事将 VA 的 RNA 用作一个有趣实验的开端,在这个实验中,他们强加了一种'糟糕'的环境。

他们向试管中加了一种有毒物,名叫嗅乙非啶化合物,它可以抑制 RNA 的合成:它可以把机器工具所做的工作弄得一团糟。奥

根和他的同事是从这种有毒物的弱溶液开始。刚一开始,合成的速度因为这种有毒物的原因降低了,但是通过 9 个试管交换世代的进化之后,一种新的 RNA 链形成了,它能反抗这种有毒物。在没有有毒物的情况下,RNA 的合成速度可以和普通 VA 的RNA 的速度相比较了。现在,奥根和同事将有毒物的浓度加倍。然后 RNA 复制的速度又降下来了。经过 10 个左右的试管交换,RNA 链进化了,对更高浓度的有毒物有了免疫作用,于是有毒物浓度再次加倍。通过这种有毒物连续加倍的方式,它们总是能够成功地进化出一种 RNA 链,这种 RNA 能够在高浓度的嗅乙非啶化合物的溶液中自我复制,其浓度 10 倍于抑制V2 的RNA 的有毒液的浓度。他们把这种新的有抵抗力的变种称为 RNA V40 。从 V2 到V40 的进化总共用了大约 100 支试管的转换‘世代”(当然,许多实际中的 RNA 复制世代在每次试管转换间都在继续中)。

奥根也进行了没有酶的试验。他发现 RNA 分子在这种条件下能够自发地复制自身,虽然非常慢。看来它们需要一些别的催化物,比如锌。这是很重要,因为我们不能推断在复制者最初产生的早些年代,四周是否有酶来帮助它们复制。尽管,锌可能是存在的。

10 年前,在曼弗雷德①指导下一直致力于原始生命研究、并且有相当影响的德国学校试验室里进行了一项补充性试验。这些试验人员在试管里加入复制酶和 RNA 构建块,但他们并没像前面那样转换变种。然而,一个很大的 RNA 分子在试管里进化了。在接下来的独立的试验中,同样的分子自己又一次又一次地进

①曼弗雷德, 1951 年获德国哥廷根大学博士,1967年诺贝尔化学奖得主。

化。通过仔细的核查,结果表明,并没有 RNA 分子沾染的可能性。当你认为同样大的分子自发地产生两次这种情况在统计数字上不可能达到时,这就是一个明摆着的结果。它比自动地打上"我认为它就像一只臭鼬"更加不可能。在计算机模板的那一段里,个别受惠的 RNA 分子是通过逐步的、累积进化才建立起来的。

在这些实验里,RNA 反复产生的异种与斯皮格尔曼创造的分子在大小和结构方面都是一致的。但是斯皮格尔曼的分子是通过"衰退"的方式从自然出现的更大的 Q-BETA 病毒 RNA 进化而来,而这些 RNA 是曼弗雷德小组在几乎什么都没有的情况下就制造出来的。这种特别的方法很好地为试管(里面已经准备好了复制酶)等类似的环境所适应,通过累积选择,它从两个很不相同的起点逐渐趋同。这个更大的 Q-BETA 的 RNA 分子不太适应试管环境,但比较适应于埃希式大肠杆菌的环境。

这样的试验可以帮助我们了解自然选择的自动而不够详尽的特质。复制酶'机器'并不'知道'它们为什么制造 RNA 分子,这只是它们形成自己外形的过程的副产品。而且 RNA 分子自身并不会研究出一个策略来使自己得到复制。即使它们能够想到,也没有明显的理由说任何可以思考的物体会被促使复制自身。如果我知道如何复制自己,我不能确定我将会优先考虑这一点,而把其他我想做的事情放置一边。为什么我应该呢?但是对分子来说,激励是不相关的东西。它只是这样的:病毒 RNA 的结构正好就是这样一种特性:使细胞机器竭力复制自身。而且,如果任何物体,在宇宙的任何地方,正好有很善于复制自己的特性,这种物体的复制件就明显地越来越多。不仅如此,由于它们自动形

成世系,并且偶尔会发生复制错误,再加上经过强有力的累积选择,后来的复制件渐渐地比早期的要更善于复制自己。这是非常简单,也是全然自动的。它的可预测性如此之强,以致于几乎是不可避免的。

试管中一个“成功”的 RNA 分子之所以成功，是因为其直接的、内在的特性,这一特性类似于我假设例子中的‘黏着力’。但像“黏着力”这样的特性很令人恼火。它们是复制者的基本特性,这特性对其被复制的可能性有着直接的影响。要是复制者对其他东西有着某些影响，而这些东西又对其他另外的东西有某些影响,然后这些另外的东西又对……等等,那么直到最后,它间接地影响了复制者被复制的机会吗?你可以看到,如果像这样一长串的原因存在的话,基本的真理就站得住脚。那些正好有着自我复制功能的复制者就能统治整个世界,无论这一连串的原因有多么长,是多么的间接性,这些复制者都是通过这些原因来影响其被复制的可能性的。而且,因为这个理由,这个世界将渐渐充满了这种原因的链接。我们看到这些链接，并且惊奇于此。

我们一直以来在现代有机体上就看到了这些。它们是眼睛、是皮肤、是骨骼、是脚趾,还有大脑和本能。这些东西都是 DNA 复制的工具。它们由 DNA 产生,彼此间的区别是由 DNA 的区别导致的。它们在产生它们自身的 DNA 的复制过程中施加影响,因为它们影响着躯体(包含同样的 DNA，因此其命运也是由 DNA 参与决定)的生存和繁殖。因此,DNA 通过躯体的属性对其自身的复制过程施加影响。可以说,DNA 在自身的将来中都施以力量，而躯体及其器官、行为模式都是这种力量的工具。

当我们说到力量,我们也就是在谈论那些影响其自身未来的复制者的结果,无论这些结果可能是多么的间接。从原因到结果,有多少个链接,这无关紧要。如果原因是自我复制的实体,那么无论有多遥远和间接,其结果可能遵从自然选择。我想通过海狸的故事,来对观点和看法做个总结。在细节方面,这个故事是假设的,但肯定不会离真实较远。尽管没人对海狸大脑连接的发展做过研究,但他们对其他动物做过类似的研究,比如蠕虫。我把观点借过来,运用到海狸身上,因为对多数人来说,海狸比蠕虫更有趣,也更令人愉快一些。

海狸身上的一个突变基因只是有着上 10亿字母的内容中一个字母的改变而已,如基因 G 的改变。当年轻的小海狸成长的时候,这个改变和这个内容中的其他字母一起，被复制进了海狸的细胞。在大多数细胞中,基因 G 没有被读出,而与别的细胞类型的工作相关的其他基因却被读出。然而,在发育中的某些大脑细胞中,G 得以读出,而且转录为 RNA 复制件。RNA 工作复制件在细胞内部四处漂游,有一些最后撞进了一种称为核糖体的蛋白质制造机器之中。这一蛋白质制造机器读出了 RNA 工作计划,然后制造出新的蛋白质分子。这些蛋白质分子卷成一个特别的形状,这种形状由它们自身的氨基酸顺序来决定,而这一顺序又是由基因 G 的 DNA 密码顺序来决定。当 G 发生突变时，这种改变对氨基酸顺序产生重大影响,也就使得蛋白质分子的卷曲形状也大受影响。

这些轻微改变了的蛋白质分子是由正在发育中的大脑细胞中的蛋白质制造机器大批量生产出来的。它们还可能充当酶,并充当在细胞中生产其他化合物机器的作用。基因 G 的产品进入了细

胞周围的薄膜里,卷入了制造细胞之间相互连接这一过程。因为最初 DNA 的计划的轻微改变，某种薄膜化合物的生产速度也发生了改变。这依次又改变了某一发育中的大脑细胞彼此连接的方式。在海狸大脑中某一部分的连接方式出现了一种微妙的变化,这种变化是 DNA 内容发生改变所产生的间接结果。

现在,因为在整个连接方式中所处的位置的缘故,海狸大脑中这特别的部分影响了海狸的筑坝行为。当然，无论海狸什么时候筑坝，大脑的大部分都会参与其中。但是,当 G 的突变影响了这特别的部分,改变就会对这一行为产生特定的影响,它会导致海狸在水中衔着一根木头时,会高高抬起头。也就是说,比没有突变的海狸要抬得高一些。这就使得在游水过程中，木头上的泥巴有可能被水冲走得少一些，这就增加了木头的黏性。也就意味着,当海狸将木头扔进坝里，木头更容易停留在那儿。所有具备这一特殊变异的海狸所扔的木头可能都是这样的。木头的黏性增强，这是一个结果,同时也是 DNA 内容改变所产生的一个间接的结果。

木头增进了的黏性使大坝的结构更牢靠，不是那么容易给摧毁。这也就增加了因坝而形成的湖水的面积,使得湖中心的居所对于防范那些猎手的侵犯显得更安全了。这也使得海狸的后代数量大增。如果我们看看海狸的整个数量,一般说来,那些拥有变异了的基因的海狸要比那些没有变异基因的海狸,其后代要更多一些。这些后代很容易从其父母那儿获得这些改变了的基因。在规模上,这种形式的海狸随着世代的承袭,数目会越来越多,最终它将变得很普通,也就不能称之为‘ 变异 ’了。

海狸筑坝的故事是假设的,细节有可能出错——这与事实并不相

关。通过自然选择,筑坝的海狸得以进化,因此所发生的事实与这个故事不会相去甚远,除非是细节方面。我有一本书,叫做《伸展的显型》,对此有详尽的解释,在这儿我不重复这些观点。在这个假设的故事中,你可能会注意到,连接着改变了的基因和改善了的生存之间的原因,不会少于 11 个链接。每一个链接,无论它是对细胞中化学物的影响,或是后来对大脑细胞自身连接方式的影响,或是更后来的对行为的影响,或是最后对湖水面积的影响,毫无疑问都是 DNA 改变的结果。如果有 111 个链接,也无可厚非。基因改变对其自身复制的可能性产生的影响,对自然选择来说,是一场公平的游戏。这种改变自发而为,简单、却完美,自动却愉悦。一旦累积选择的基本成分—— 复制、错误和力量最初就存在,这一切几乎就是不可避免要发生的。但这些是怎样发生的?地球产生生命之前,它们是如何开始存在的呢?我们将会在下一章看到对这些疑难问题的解答方式。

第六章　起源与奇迹

机遇、幸运、巧合、奇迹。我们这章的主题之一就是奇迹和我们对它的理解。我的论点是这样的，通常我们所谓的奇迹并不是指某种超自然事件，而是一系列几乎不可能发生的自然事件中的一部分。换句话说，如果奇迹真的发生了，那真是天大的幸运。相比奇迹，一般的事情不会落得如此巧妙。

有一些希冀的事情是根本不可能实现的，以至于我们都不去作何企图，然而事实上只有做过计算之后我们才能知道它。而且要做这种计算，我们必须知道可以有多少时间来让这件事发生，更为一般的是我们有多少机会来让这件事发生。假如给我们无限的时间或者无限的机会，那任何事情都是可能的。众所周知，天文学的巨大数字和地理学的巨大时间跨度结合在一起，使我们每天对什么是预料之中而什么又是奇迹的估计变得难以预料。我将用一个具体的例子来说明这一点，而这个例子就是我们这一章的另一个主题。这是一个关于地球生命是怎样起源的问题。为了使我的观点清晰明了，我会集中讨论生命起源方面的一个很特别的理论，虽然任何现代的理论可能将来都会成为正确理论的一部分。

在我们可解释的范围内，我们可以接受一定数量的幸运事件发生,但是太多就不行了。问题就在于我们到底能接受多少件幸运的事情发生？地理学上浩瀚而漫长的时间使我们有权利假定越来越多的不可能巧合,这些巧合的数目甚至比法庭上法律允许提出的巧合都多。即使这样,局限依然存在。累积选择是所有我们关于现代生命解释的关键。它把一系列可为人们所接受的幸运事件(随机突变)以非随机的序列排成一行。在序列的末端,生命的完成品就像是幻想中的一样,真的是非常非常的幸运。即使给你比宇宙形成至今所花费的时间再长几百万年,这一切也不可能在一次机遇中产生。累积选择虽然是关键,但是它也要开始,在累积选择自身的起源之中,我们需要假定这件事只有一次机会成功。

而且非常重要的第一步就是一个困难,因为这件事实质上有一些地方看起来是自相矛盾的。我们所了解的复制过程似乎需要用复杂的机器来加工。在‘机器工具’复制酶面前，RNA片段将会朝着相同的终点重复地发展并聚集。要是你不考虑累积选择的威力,一个终点出现的可能性就会出奇的小。但是我们不得不帮助累积选择来让它开始发挥作用,要想让它开始发挥作用除非我们能提供一种催化剂,例如上一章我们提到的‘机器工具’复制酶。而且除非在其他 RNA 分子的指导下，否则催化剂似乎不可能自发地存在。DNA 分子在细胞里的复杂机器中参与复制，我们的文章在复印机中复制,但是两者都不能在缺乏机器支持的情况下复制。复印机可以复制它自己的设计图,但是设计图却不能自己变成现实中的复印机。靠一个合适的计算机程序提供的环境,生物形态很容易复制,但是它们却不可能写出自己的程序或者造一个计算机来运行这个程序。假设我们是允许被复制并且

因此来做出累积选择;“盲眼钟表匠”的理论确实强而有力。但是如果复制需要复杂的机器才能够完成的话,我们惟一知道的现实中那部复杂的机器就是累积选择。所以，我们有麻烦了。

当然,现在和细胞有关的机械都相当高级和先进,如 DNA 繁殖装置和蛋白质合成装置。我们已经了解这些设备作为一种精确数据存储装置是多么的惊人。在其特有的超微型化水准上,那具有人眼一样的精巧制造步骤和复杂设计使这样的机械设备极为赚钱。所有想过这个问题的人都同意一件事,即在这个世界上像人眼一样复杂的的装置不可能只通过一步选择而产生。不幸的是,不单是人眼,至少部分的细胞装置也是如此,比如 DNA 繁殖装置。而且应用它不仅不能繁殖高级生物的细胞,如人类和变形虫的细胞,而且也不能繁殖较为初级的生物的细胞,比如细菌和蓝绿海藻。

因此,累积选择可以创造复杂而单步选择则不能。除非存在一些复制机器和可复制的能力,否则累积选择也无法工作,而且这惟一的复制机器据我们所知似乎过于复杂,不经过许多世代的选择积累根本不会出现有。人把这些看做是‘盲眼钟表匠’理论的一个主要缺陷。他们把这看做是最终的证据来证明在最初一定有一名设计师,他不是‘盲眼钟表匠”,而是一位有远见的‘超自然钟表匠”。根据这个争论,创造者也许不能控制日常的进化事件,也许他不能设计老虎或小羊,也许他造不出树木,但是他一定建立了最初的繁殖者和繁殖者的能力，最初的繁殖者 DNA 和蛋白质制造了累积选择，从而使所有的进化成为可能。

这显然是一场苍白的争辩;“超自然钟表匠”的存在明显是不攻自

破的。首先，组织结构的复杂性就是一件难以解释清楚的事情。一旦我们简单地假定了组织的复杂性，只要是有使 DNA 或者蛋白质组织不断繁殖的工具,我们就能相对容易地调用它作为更复杂组织的产生器。这就是我们书中用大量篇幅讨论的问题。当然,任何上帝如果有智慧并设计出像 DNA或蛋白质繁殖机器这样的东西，那他本身的组织结构至少一定要和那部机器一样复杂。如果我们认为上帝会具有聆听祈祷和原谅人的原罪这样的高级‘ 功能 ”,那他的组织就更复杂了。靠引入一个超自然设计师来解释 DNA 蛋白质机器的起源问题根本解决不了什么问题，因为这还是解决不了设计师的起源问题。你不得不说出像‘ 上帝一直就在那儿 ’这样的话,如果你愿意用懒惰的方法来解决问题,你也可以说‘ DNA 一直就在那儿 ”;或者‘ 生命一直就在那儿 ’这样的话，那一切问题就都解决了。

奇迹、绝对不可能性、难以置信的巧合、太依赖运气的事情,这些事情我们与之离得越远,就越能彻底地把一件太依赖运气的事情分解成一系列不怎么靠运气的事情,我们的解释也就越合理,越令人满意。但是,在这一章里,我们一直在问由我们所假定的某件事有多么的不可能，有多么的不可思议。哪件事是纯粹的巧合,以至于我们可以把它从我们的理论中剔除出去而使我们的理论仍然可以称得上是令人满意的生命起源的诠释。为了让一只猴子偶然写下‘ 据我看来两者都可能 ’这句话,这需要非常的幸运，但这幸运仍是可测量的。我们计算这个几率大概有 10 万亿亿亿亿亿分之一(1×10^{40} 分之一）。没有人可以真正地理解或者想像出这么巨大的数字。于是,乎我们就把这种极低的发生可能性等同为根本不可能发生。虽然我们在思维上理解不了这个水平上的不可能性，但是也不应该怀着恐惧而跑开。1×10^{40} 这个数

字也许是一个非常大的数字,但是我们仍然可以把它写下来,我们仍然可以把它用于计算。因为毕竟存在着更大的数字 举个例子,1×10^{40},这不仅是一个很大的数字,而且你必须把 1×10^{40} 自加 100 万次才能得到它。不知道我们怎么才能召集到一帮猴子足足有 1×10^{40} 只然后让它们人手一台打字机?而且你瞧,为什么其中一只严肃地打下了"据我看来两者都可能"而另一只就一定会打下"我思故我在"当然,我们不可能找到那么多猴子,如果我们把宇宙中所有的物质都变成猴子肉,我们还是找不到足够的猴子。猴子用打字机打出"据我看来两者都可能"这真是一个天大的奇迹,以至于我们都不能承认这个的确在现实中发生了的事情,只有当坐下来做出计算后我们才能够理解它。

有些事情就是纯粹的幸运,因此不仅我们人类的想像力无法接受它,而且我们关于生命起源的完美计算也不允许它存在其中。但是重复问上面的问题 我们可以接受多么幸运的事 我们可以接受多大的奇迹 ?不要因为数字的巨大我们就回避这个问题,这确实是一个有充分根据的问题。为了计算答案,我们至少可以把我们需要知道的东西写下来。

现在,这里有一个迷人的想法。我们问题(我们可以接受多么幸运的事 ?)的答案要看我们居住的星球是否是惟一存在生命的星球,或者是否生命在整个宇宙中比比皆是。我们可以确定已经有一种生命在地球上出现了,但是我们根本不知道宇宙中其他地方是否存在生命。其实完全可能不存在。有些人经过计算得出其他星球肯定存在生命(我在后面会指出它的谬误),因为在宇宙中完全合适生命存在的行星至少有 1×10^{20} 颗(也就是 1 万万万亿颗)。我们知道地球上已经诞生了生命,所以其他的星球不可能

全不存在生命。因此,在数以千万万亿计的星球中难免会有一些存在生命。

这个论点的缺陷是由于以下的推论 因为生命在地球诞生了,它在其他星球存在的可能性就不会那么低。你将会注意到这则推论存在一个固定的假设,那就是在地球上发生的事情在宇宙的其他地方都有可能发生，并且企图用它来回避所有的问题。换言之,它想用统计学的观点——因为地球上存在生命，所以宇宙的某处一定也会存在生命—— 这个固定假设来证明问题。但这不意味生命普遍存在于宇宙之中这个观点是一定错误的。我得猜测它很有可能是对的。这只意味着为了特定的问题而提出特定的观点就等于没有观点，那仅仅是一个假设。

出于讨论的目的,让我们看一下另外的假设,那就是生命只产生了一次而且只是在地球上。这令人忍不住从以下几个情感的方面去反驳,这个假设是不是有些像令人反感的中世纪言论 这是否让你回忆起了教会教授的地心说,而星星只不过是神为了让我们高兴而在天上刺的小孔,或者甚至更荒唐专横的是,星星会离开它的轨道转而来影响我们这些小生灵？宇宙中有数以千万万亿记的行星,怎么偏偏选中在银河系的太阳系中的我们的地球这个穷乡僻壤来孕育生命？是神的旨意让生命来到我们这个行星的么？

由于我热忱地感谢我们逃离了中世纪教会的狭隘思想以及我对占星师的蔑视,我真诚地道歉。但是恐怕前面关于穷乡僻壤的花言巧语并非真的就是花言巧语。很可能我们这个穷乡僻壤真的就是惟一孕育生命的地方。关键是如果宇宙中只有一个地方曾

经孕育着生命,那就是我们这个行星了,因为这个好理由我们才在这里讨论这个问题！如果生命的诞生是一件不可能的事情而恰巧在宇宙中某个行星上发生了,那就是我们这个行星了。因此我们不能根据地球上存在生命这个事实就下结论说其他行星一定也会存在生命。这样的论点是一个循环。在回答宇宙中有多少个星球上有生命之前,我们在关于星球上诞生生命的难度有多大要有独立的观点。

但是那不是我们要陈述的问题。我们的问题是,在生命的起源理论上,我们可以假定多大程度的幸运。我说过,答案依赖于生命的起源是只存在一次还是存在多次。不管生命产生在随机指定特征的行星的可能性有多低,我们赋予它一个名字,叫做自发产生可能性或 SGP。如果我们坐在实验室里，拿着我们的化学课本,使看起来符合自然比例的大气气体中产生火花,然后计算存在的典型行星大气中自发弹动分子的繁殖几率。假设最好情况下 SGP 是一个非常小的数,如 100 万分之一。这明显是一个非常小的可能性,小到我们无力去复制这样奇妙的幸运的奇迹来作为生命起源的实验室试验。为了我们的论点,我们完全有权假设生命在宇宙中只产生了一次,接下来就在理论中假设了大量的幸运情况,因为宇宙中有如此之多的行星可以产生生命。据某人估计,宇宙中有一万万万亿个行星,这比我们假定的非常低的 SGP 大一千万万倍。在抛开一个特别的生命起源理论之前,给我们的观点下一个结论：我们假定的最大幸运几率是 N 分之一,N 是宇宙中适合生存的行星的数量。由于‘ 合适 ’二字,有许多行星就不算了,但是让我们取最大幸运的上限即一万万万亿分之一,因为我们的论点使我们有权这么假设。

想想这意味着什么吧。我们会找到一位化学家并和他说:丢开你的课本和计算器,削尖你的铅笔,磨砺你的智慧,在你的脑子里装满公式,在你的瓶子里装满甲烷、氨气、氢、二氧化碳以及所有其他的气体,并让它们像早期无生命存在的行星的大气一样,把它们混在一起加热;在它们之中施放闪电并且同时唤醒你的灵感;让你的思维里充满化学家的智慧,向我们给出作为化学家的你最好的估计,一个典型的行星上自发产生一个自我复制分子的可能性有多大。或者换言之,我们要等多久才能在这个行星上等到一次随机的化学反应,这次反应所发生分子和原子的热碰撞导致了一个分子的自我繁殖。

化学家回答不了这个问题。绝大多数现代化学家会说我们不得不按照人类生命诞生的标准等上很长一段时间,但是可能用不了等上宇宙诞生至今那么长的时间。地球化石的历史暗示我们演化了 10 亿年——一个京年(这是一个方便的现代定义),这大概就是 45 亿年前地球形成到第一块有机化石形成的时间。即使化学家说我们必须等到一个奇迹,我们的"行星数量"的理论不得不让我们等上万万亿年——远比宇宙存在的时间还要长,但是我们仍就可以镇定地接受这个结论。有可能有多于一百万万亿个行星存在于宇宙中,它们给了我们一千万万万万亿年的时间去演化。那样就好多了!由于多项式的加法,一个奇迹转化成了具体的政策。

在这个论点之中存在一个隐藏的假设。实际上有多个,但是有一个很特别的假设我想讲一下。那就是一旦生命从根本上产生,它总会朝着进化出足够的智慧来思索自身起源的目标方向来前进。如果事情并非这样,我们所估计的幸运事件发生数量就要相应地

减少。更精确地说,我们理论假设的任一行星上有生命起源的最大几率等于生命从起源一直到进化出足够的智慧来思索他们自身起源的几率除以宇宙中行星的数量。

说'有足够的智慧来思考自身的起源'是一个相关的变量,这看起来有点奇怪。要了解为什么会相关,我们需要考虑另外一个假设。假设生命起源是一件可能性很大的事情,但是接下来让生命进化出智慧却很不可能,它要求突发的巨大幸运事件。假设智慧的起源是一件可能性极低的事件,即使生命存在于很多行星上,但是宇宙中只有一个行星碰巧成为了智慧的发源地。我们既然有足够的智慧来讨论这个问题,我们就知道地球一定是这个行星。假设生命的起源以及生命之中的智慧起源都是不可能的事,任何一个行星同时有两件如此幸运的事情突然发生,比如地球,这样的可能性实在是很低。

关于我们怎样来到这个世界上这个理论,我们好像必须假设一个特定的幸运量,这个量作为一个上限描述的是宇宙中适合于生命诞生的行星的数量。如果我们的幸运量给定了,我们就可以在解释我们自身存在的过程中像消费有限的日用品一样"消费"它。如果我们在'生命在一个行星上怎样诞生'这个部分已经把幸运量几乎用光的话,我们不得不在下一个部分,即大脑和智慧的累积进化,假定非常少的幸运量。如果在整个生命起源理论中我们没有用光所有的幸运量,我们可以留有一些在累积选择运行以后的进化过程消费。如果我们要在智慧起源方面用光绝大部分的幸运量,我们就没有多少幸运量可以用于生命起源方面。我们必须提出一个理论使得生命起源几乎是难以避免的。如果我们的两个阶段的理论不需要所有的幸运量,我们也可以有效地把多余

的幸运量用来假定宇宙其他地方的生命。

我的个人感觉是这样的,一旦累积选择顺利地开始了,我们只需要在接下来的生命和智慧进化过程中假定很少的幸运量就够了。如果智慧不一定进化,我们也认为自然选择一旦开始就有足够的威力让它进化。这意味着在某行星的生命起源问题上,只要我们想,我们可以把所有假定的幸运量全部投在上面。因此,如果我们要用到它,我们可以按配置有一万万万亿分之一(或者为我们认为的宇宙中行星数量分之一)的上限几率在整个生命起源上面消费幸运量。这是我们理论中必须假定的幸运量最大值。举个例子 假如当 DNA 和它的蛋白质基复制机器自发地偶然来到这个世界上的时候,我们要让生命开始 如果这个巧合的几率不大于一万万万亿分之一,我们就可以承认这个夸张的理论成立。

这看起来好像过于宽容了。因为这样足够供给 DNA 或 RNA 的自发产生。但是我们脱离累积选择还是做不到这一点。制造一个设计高超的身体并且让它能够飞得和雨燕一样快,游泳像海豚一样好,视力像猎鹰一样棒而只通过一次幸运(一步选择),这样失败的几率简直比宇宙中原子的数量还要大,更别提行星了!不行,在我们对生命的解释里肯定需要累积选择这样一种强劲的办法。

虽然在生命起源的理论中我们有权利用最大的幸运量去抵消一万万万亿分之一的几率,但是我的直觉是我们只需要一小部分幸运量。一个行星上生命的诞生以我们日常的准则或者化学实验室标准看来确实是不可思议的，但是也仍然有足够的可能发生，因为在整个宇宙中这不仅是一次而是很多次。我们可以把关于

行星数量的统计学观点看成是最后的手段。在这章的结尾我会得出一个荒谬的论点,那就是我们一直寻找的理论实际上也许不太可能,也许根本不需要我们的主观判断(因为我们已经做出了主观判断的方法)。寻找生命起源的理论从最高的可能性开始还是很有意义的。如果 DNA 和它的复制机器都不可能自发产生,那么就迫使我们假定宇宙中的生命是很稀有的,甚至只有惟一的地球。我们首先解决的方法就是找出另外一个可能性更高的理论。因此,我们能否提出使累积选择可以开始的高可能性方法?

现在' 思考 '这个词汇已经变得不是味道了,在这儿它是不速之客。的确,当我们讨论的是 40 亿年前发生的事情时,我们只能寄希望于思考。而且那时的世界和现如今肯定有根本性的差异。举个例子,几乎可以肯定那时的大气中是没有游离的氧分子的。即使这个世界的化学结构发生了变化,但是化学法则并没有改变(这就是为什么其称之为法则)。而现代化学家充分了解了这些法则并做出了见多识广的推测。这些思考都根据化学法则经过了严格的辩论。你不能只作不加约束和不负责任的思考而放纵你的思想,结果靠习惯得出宇宙科幻小说中的万能药,比如' 超光速推进装置 '、' 时空翘曲 '和' 不可思议的时空机 '。关于生命起源的所有思考大多数都违反了化学法则而被排除,即使我们充分利用关于行星数量的统计学可靠观点。小心并经过选择的思考就会成为有建设性的锻炼。但是你必须先变成一名化学家。

我是一名生物学家而不是一名化学家,然而我必须依赖化学家们的正确总结。不同的化学家有着他们各自所喜好的理论,这些理论都没有缺点。我本打算趁你们还是很公正的时候把所有的理论列出来。如果是学生课本,这样做非常合适。但是这不是一本

学生用的课本。“盲眼钟表匠”的基本思想是我们并不需要假定宇宙中有一位设计师或者其他人的存在才能理解生命。由于我们面临的这类问题与众不同而且必须解决,所以我们关注于解决问题的方法。我认为这样是最好的解决方法:我们不去浏览众多的特别理论，只关注于一个例子，这就是累积选择是怎样开始的？在这个例子中基本问题也许可以怎样地解决？

我们要选择哪个理论作为我们的代表实例呢？大多数课本特别推崇基于一种有机物‘原始汤’的理论体系。地球上没有生物时的大气组成和其他荒芜的行星上的大气组成较像。当时的地球上不存在氧气、大量的氮气、水、二氧化碳,很可能只有一些氨气、甲烷和其他简单的有机气体。化学家知道存在游离态氧气的气候易于有机化合物的自我合成。他们在瓶子里对早期地球环境进行重建。在瓶子里面模拟闪电后的电火花以及紫外线照射,它的强度要比臭氧层形成后的太阳射线的强度大得多。试验的结果令人兴奋。在瓶子中,一些只能在生物身上发现的相同普通类型有机物自发地结合在一起。DNA 和 RNA 都没出现，但是却存在有很大的叫做嘌呤和嘧啶的分子团和蛋白质团以及核酸。这类理论的缺陷仍在于生命的繁殖。形成的分子团并没有聚集形成如 RNA 一样的自我复制链。也许某一天会出现吧。

在任何情况下,有机原始汤理论作为问题解决方法并不是惟一的选择,尽管我们必须解决该问题。我原来在我的第一本书《自私的基因》里选过这个例子,因此我想在这里试一下大家对不时髦的理论持何种态度(虽然最近这个理论正在发展壮大),我认为这个理论的可能性是五五开。这个理论的大胆猜想很吸引人,对于任何关于生命起源并令人满意的理论所应有的属性,该理论都很好地

做了阐述。这就是格拉斯哥大学的化学家格雷厄姆·凯恩·史密斯的‘非有机物原材料’理论,首次提出于 20 年前,继而得到发展并在 3 本书中详细阐述,最近的名为《生命起源的七条线索》一书把生命视为一种神秘的事物,认为只有夏洛特·福尔摩斯才能破解它。

凯恩·史密斯的观点认为,DNA/蛋白质组织很可能最近才出现,也许只是 30 亿年前的事。基于许多不同的复制实体，在形成 DNA/蛋白质组织之前经历了许多代的累积选择。一旦 DNA 存在了,作为复制者,它是那么地有效率,在对自身复制的影响上,它是那么地威力十足,以至于在‘产卵’后最初的复制系统被抛弃并被遗忘掉。根据他的观点,现在的 DNA 组织是一个迟到者,一个近来对基本复制者这个角色的篡位者,它接管了早期粗糙的繁殖者的角色。也许存在一系列的篡夺行为,但是早期的复制过程一定非常简单,以至于可以通过我们说的‘单步选择’去转变它。

化学家们把这个课题分为两个分支 有机和无机。有机化学是一种特殊元素——碳的化学，无机化学研究的是剩下的所有元素。碳元素非常重要并且值得去拥有它自己的分支学科,一部分原因是因为所有的生命化学是碳化学,一部分原因是因为适用于生命的碳化学同样适用于工业过程,比如塑料工业。碳原子的基本属性,即它们会连接在一起而形成无限,以及各不相同的超大分子指令队列使得它们特别适合于生命和工业合成。另外一种与之具有相似属性的元素是硅。虽然现代研究地球上生命的化学全都是碳化学,但是在整个宇宙中这不一定是真实情况,而且即使在地球上这也不一定是真实的情况。凯恩·史密斯相信在地球上最初的生命是基于可自我复制的无机矿物例如硅酸盐。如果

真的是这样,有机复制者和最终的DNA登上舞台的时间就要晚一些了。

他对' 接管 '这种想法的可信性提出了几个观点。例如,石砌的拱门是一种稳定的结构,它可以不用灰浆黏合而屹立多年不倒。如果每次只能拿一块石头,那么建造一个不用灰浆黏合的拱门和用进化来建造一种复杂的生物结构的道理是一样的。这种想法成立吗?石拱门只有在最后一块石头到位后才可不倒,但是中间的建筑阶段它并不稳定,如果添加和拿下石头是一样容易的话,想要建石拱门其实非常容易。开始先堆砌石堆,再建造顶部结构,当石拱门(包括最重要的顶石在内)已经完全造好了之后,小心地移走支持石,如果还算幸运,石拱门仍会站立。我们对史前巨石柱非常不理解,只是我们认识到建造者用了某种脚手架或土坡,这些东西现在已经不在那里了,我们能看见的只有完成品,再被迫去推想已消失的脚手架。与之相似,DNA 和蛋白质具有稳固而优雅的双柱拱形结构,看起来这些所有的部分像是一次同时产生的。如果没有起初完全消失的脚手架而去凭空想像逐步的过程是不大可能的。脚手架的产生肯定是靠早期某种形成的累积选择,它的性质我们只能加以猜测。但是它肯定基于实体的复制而产生,它有能力超越未来。

凯恩 · 史密斯猜想认为最初的复制机器是无机物晶体,比如沙子和泥土中的物质。晶体是一种庞大的原子或分子的固态有序阵列,因为它们' 有形状 '的特性,原子和小分子倾向于自然聚集而形成稳定而有序的形式,好像它们想要以一种特别的形式聚集在一起。但是这种假想只是它们特性的小影响。

它们所喜欢的形式是聚集成整个晶体，这意味着对于一大块晶体。比如钻石，除了瑕疵以外，各部分的结构都是相同的。如果我们可以把自己缩小成原子那样，我们会看到无穷多行原子直线地延伸到地平线——就像重复的几何走廊。

既然我们对复制这么感兴趣，我们首先要问的是，晶体会复制它们自己的结构吗？晶体是由无数层的原子(或其等价物)组成的，并且每一层都建立在其下层的基础之上。原子(或者是离子，其不同之处并不需要我们关心)不断变化着自由地漂移，但是如果碰巧它们碰到一个晶体，它们自然有一种把自己放在晶体表面某个位置上的倾向。普通的食盐溶液包括钠离子和氯离子，它们之间互相碰撞并以一种比较混乱的形式存在。普通的食盐晶体是钠离子和氯离子以一定角度交替着形成致密而有序的阵列。当离子在溶液种飘动，并碰巧碰上了坚硬的晶体表面，它们就会趋于黏合，它们会黏合并在合适的地方以使新的晶体层形态和下层的一样。因此，一旦晶体开始生长，每一层都和它们的下一层一样。

有时晶体会在不断变化中自发形成。平时它们在“播种”，或者是灰尘颗粒，或者是掉落的某种小晶体。凯恩·史密斯邀请我们做如下的实验：把大量的海波，也就是照相师用的定影剂溶于水中，然后让其冷却，小心不要让灰尘落入其中。当溶液达到过饱和的状态并开始要结晶的时候，溶液中却没有作为种子的晶体来使这个过程得以进行。以下是我引用凯恩·史密斯在《生命起源的七个线索》中的话：小心地揭开烧杯的盖子，向溶液表面投入一小片海波晶体，你就会吃惊地发现，晶体明显地增长。它一次又一次地分裂并且每一片又都继续地增长……不久，你的烧杯中就满是晶体，其中一些有几厘米长。在几分钟之后，一切都停止了，魔力

般的溶液失去了它的力量,虽然只要重新加热并冷却溶液你就可以重演这个过程……过饱和就是指溶液中溶解了过多的溶解物。过饱和溶液几乎完全不知道该怎么做了,这时必须加入一片晶体来'告诉'溶液,使其中的单元(数以10亿计的小片晶体)以海波晶体的特性集结。溶液必须要先被播种。

有些化学物质有两种结晶化的结构。例如石墨和钻石就都是纯碳的晶体。它们的原子是相同的。两种物质的区别在于碳原子的聚集排列方式不同。钻石中的碳原子以四面体形式排列,极为牢固,这就是为什么钻石特别坚硬的原因;石墨碳原子的晶格排列是六边型并彼此重叠,层中间结合力较弱,它们会相对彼此滑动,这就是为什么石墨很滑并经常用做润滑剂的原因。不巧的是,你不能像海波那样通过在溶液播种而得到钻石。如果可能的话,你早就变成富翁了。不过不用多想,因为傻子也会去做同样的事。

现在假设我们拥有某种物质的过饱和溶液,它既像海波那样易于结晶而析出溶液,又像碳那样可以有两种结晶方式:一种像石墨一样,原子逐层排列形成小的片状晶体;另一种可以形成结实的钻石形晶体。下面,我们同时把一个片状晶体和一个结实的晶体同时投入到过饱和溶液中。我们可以像凯恩·史密斯描述海波实验那样描述这里的情况:你就会吃惊地发现,这两种晶体明显地增长,它一次又一次地分裂并且每一片又都继续地增长,片状晶体结果生长出了许多片状晶体,结实晶体结果生长出了许多的结实晶体。如果存在一种晶体生长和分裂的速度快于另一种,我们就得出了一种简单的自然选择。但是为使革命性的改变发生,整个过程仍然缺少一个重要的因素。这个因素就是遗传变异或者与之等价的某些因素。一定存在一整套确定相似形状血统的

微小变量,并且有时的‘变异’会产生新的形状,代之以只有两种类型的晶体。真的晶体与遗传变异真的存在某种对应关系吗?

黏土、泥巴和岩石都是由微小的晶体构成。它们大量存在于地球上并且可能已经有很长的历史了。当你用电子显微镜观察某些黏土或矿石地表面时,你会发现特别美丽并为人惊叹的景观。晶体生长得好像排列着的仙人掌或者无机物组成的玫瑰花园,,有的好像某些典型多汁植物上的细小螺旋或者竖立着的风琴管子,复杂多角的折叠形状好像微小的石晶手工折纸艺术品,有时它们好像虫子翻起的土堆一样在翻腾抑或是像正在挤出的牙膏。这些整齐的样式在高倍放大的条件下看起来是那么的惊人。在原子级别之下,当原子背离了实际的位置时,晶体表面看起来特别有规则就好像是机织成的箭尾形斜纹软呢。但重要的是在这里存在瑕疵。在有序的箭尾形的整中央就是一块补丁,除了有不同的缠绕角度之外,它和其他部分相同。这样的目的是让‘织法’向另一个方向进行。或者织法虽然是同一个方向,但每一行在一边有半行的错位。几乎所有天然水晶都有缺点,而缺点一旦出现,它就会倾向于拷贝到接下来的晶体层,这些晶体会把缺点一直包裹到顶端。

瑕疵可能出现在水晶表面的任何地方。如果你愿意思考关于信息存储的能力(我是这样的),你可以想像在晶体表面上制造大量的瑕疵。把《新约圣经》装入一个细菌的 DNA 中所需的计算对任何晶体来说同样可以做到,DNA 比之水晶的优点就是这些信息可以读取。不考虑读取的情况,你可以很容易地设计一段任意的代码,并用二进制存储在原子结构的各个瑕疵中。

你也可以把几部《新约圣经》装入针尖大小的晶体矿石中。宏观一点来说,实质上这就是为什么激光唱盘(压缩的)的表面可以存储音乐信息。音乐音符由计算机转化成二进制码,再由激光在光滑的盘面上蚀刻出一种微小的瑕疵。每个蚀刻出的小孔对应二进制中的 1(或 0,标签可任意指定)。当你播放光盘时,另外一束激光会"读取"这些瑕疵,再用播放器中一种特殊的计算机把二进制数转换成声音震动,再经过放大,我们就可以听音乐了。

激光唱盘可以存储音乐,也可以把整套大不列颠百科全书存储在一张光盘里,并通过同样的激光技术读取出来。原子级别的晶体瑕疵在大小上要远小于激光唱盘上蚀刻的凹坑,所以晶体在指定大小区域内潜在地装入信息的能力要更高。DNA 分子存储信息的能力给我们留下了深刻的印象,它们确实和晶体有某些相似之处,虽然理论上晶体被看做是"低端技术"的复制者。晶体最终会被作为高端技术的 DNA 所取代,它们自发地形成于我们这颗行星的水中,不像 DNA 那样需要精心制造的"机器";并且它们自发地形成瑕疵,其中的一些可复制到下一层晶体。如果带有合适瑕疵的晶体碎片碎裂,我们可以把它们想像成为新的晶体"种子",这些新的晶体每个都继承了它们父母的瑕疵特征。

因此,我们推测出这样一幅画面,原始地球上的矿物晶体展现出一些特性,包括在一种积累选择形成并开始时所必须的复制、繁殖、遗传和变异。不过,仍然有"能力"失去了:复制者的性质一定不知何故已经影响了它们被复制的可能性。当我们抽象地谈到复制者的时候,我们看到的"能力"也许直接被指向复制者自身的特性——我们指本质的特性,比如"黏性"在元素的级别来看;"能力"这个词几乎不被证明成立,我只把它用在以后进化的阶段:一

条毒蛇的毒牙‘ 能力 ’用 DNA 编码传给了下个世代以及以后的世代，因为它对毒蛇的存活有间接的影响。最初的低技术含量复制者是矿物晶体还是直接的 DNA 自身的先驱？我们猜想最初。它们锻炼的能力是直接的和基本的，如黏性、高级杠杆能力，像蛇的毒牙或者兰花会开花这样的能力很晚才会出现。

能力对黏土意味着什么？什么是黏土附带的属性，而这种属性以后会影响到同类黏土在乡村周围的繁殖？黏土是由硅酸和金属离子这些化学积木搭起来的，如果条件合适，它们会在河的下游结晶而形成黏土。除了其他情况之外，一种特别的黏土晶体的形成要依靠河流的流量和运动方式，但是黏土的沉淀也会影响到河流的流动。它们靠改变水流来改变海拔、形状、质地。考虑到黏土通过河流加速流动会改变土壤的结构，结果是黏土再次被冲走。我们定义这种黏土是‘ 不成功黏土 ”，而另一种黏土会通过改变黏土所喜欢的对手变量来实现改变河流的流动。

我们不想暗示黏土 “ 想要 ” 继续存在。我们总是只讨论关于附带的结果以及从复制机器恰巧拥有的属性中引出的事件，因而只考虑黏土其他的变量。这碰巧需通过增强自身特点，黏土在未来因沉积而降低流动。第二个变量明显地将会趋于平常化，因为它恰巧操纵河流到达自身的‘ 优点 ”。这是一个‘ 成功的 ’黏土变量。到目前为止，我们只处理单步选择，如果是累积选择形式，可以吗 ？

如果做一些稍微远点儿推测，假设黏土的一个变量提高了黏土自身沉积的机会，拦住了河流。这种结果是不经意的，它是黏土特殊的缺点。任何有这种黏土存在的河流都会在坝上形成大的淤

积的浅滩。主流因此被划出了新的路线。碰巧被这种黏土的晶体' 种子 '感染的任何河流都会成功地继续扩大这个浅滩。现在因为主流转向,在某个季节浅滩会趋于干涸。黏土在太阳下干枯龟裂,并且上层被吹走而变成了沙。每个沙粒都继承了父母的会使河流阻塞的结构缺点,是结构给了它们阻塞的特性。凭借柳树上的通过降雨到运河里的种子,我们可以说沙子携带着使河流被拦住并且最终产生更多的沙子的' 工具 '。沙子在风中传播得很广,有些沙粒有很大机会落入另一条河流,这些河流至今没有被筑坝黏土的种子' 感染 '。一旦被正确的沙种感染,一条新的河流开始结晶筑坝黏土,整个沉淀、筑坝、干涸、逐渐消失,然后重复这个循环。

要称之为' 生命循环 '必须避开一个重要的问题,但是它仍是一种循环。它与真实的生命循环有共同的能力去初始化累积选择。因为河流被来自其他河流的沙种感染,我们可以认为河流是祖先或血统命令它如此。黏土以从河流 A 吹来的沙晶的形式在河流 B 中筑起了浅滩。最终地,河流 B 中的浅滩会干涸并变成沙去感染河流 F 以及 P。关于筑坝黏土地起源我们可以将河流排成" 家谱 ",每个被感染的河流称之为' 父母河流 ',并且它有多于一个的' 子女河流 '。每条河流好像是身体,它的' 发展 '由沙种基因来影响,身体最终孵化出新的沙种。整个循环中的每一代开始于种子晶体从父母河流中以沙粒的形式分离出来,每个沙粒的晶体结构都是复制于父母河流中的黏土,然后再把它们的结构传于子女河流,在那里生长、繁殖,并最终又把种子散发出去。

祖先的晶体结构会保存下来,除非偶然的错误导致晶体增长或原子排列方式的意外改变。接下来,同样的晶体层会复制出同样的

瑕疵,而且如果晶体分为两个,变化了的晶体就有了后代。如果这种变化多少会影响到循环的筑坝、干涸、消蚀,就会影响接下来复制出的好多代。例如变化了的结晶更容易分裂(繁殖),由变化了的结晶构成的黏土在多种细节上有更强的筑坝能力,在定量的阳光下黏土更容易晒裂,更容易粉碎成沙,沙粒也许更容易在风中飘散,或许会像柳絮一样。一些晶体类型也许导致了生命周期的缩短,从而加快了进化。会有许多的机会来使' 成功的一代 '变得' 更好 '并将它传给后代。换言之,有许多机会使得自然选择发展下去。

这些凯恩 • 史密斯独有的小幻想和润色，只考虑了几种矿物之一" 生命周期 '就可以使累积选择沿着它的路进行下去了。而且还有其他的方法。不同的结晶也许会使河流走不同的路,不靠把沙子粉碎成种子,而是依靠河流分成许多小溪扩散开了,最终使其联合起来影响新的河流系统 某些种类也许会设计瀑布来快速的磨损岩石，给下游新生黏土提供原材料。某种晶体也许会使" 对手 '晶体生存困难而获得原材料 某些晶体也许会成为' 捕食者 '',打破对手的晶体类别,用它们的元素作为原材料。约束自己的思想认为不存在' 精巧的 '基于DNA 而设计的生命,只是这个世界自己趋于产生各种各样的黏土（或 DNA）,而这些黏土碰巧有着这样的属性使它们延续发展。

下面继续讨论该论点的下一阶段。某些晶体系统碰巧促成了新物质的合成,而这些新物质会以它们方式来繁衍下一代。次要的物质将不会(无论如何也不是首个)拥有自己祖先或看成是复制晶体最开始主要的显型血统的工具。凯恩 • 史密斯相信在无机分子复制者的不可复制的工具中,有机分子是显著的。有机分子

在商业领域经常用于无机化学工业,因为它的流动特性和无机微粒的分裂和增长——简言之,作用的种类可能会影响可复制晶体血统的‘成功’。例如,高岭石的黏土矿倾向于在少量的有机分子面前分裂。这些分子的呢称叫做羧甲基纤维素，听起来并不可爱。另一方面,少量的羧甲基纤维素会起反作用,它们会帮助高岭石粒聚集在一起。丹宁酸,另一种有机分子,使用于石油钻探机,以使泥土更容易打孔。如果石油钻探机可以用操纵水流和泥的可钻性来开采有机分子，为什么说累积选择没有理由靠自我复制来做到同样的开采呢？

在这点上,凯恩·史密斯的理论更值得辩论，其他的化学家更支持常规的‘原始汤’理论。他们长期接受黏土矿会产生帮助的思想。援引他们其中一位(D. M. 安德森)的话“人们广泛接受某些或者许多非生物化学反应或过程发生在黏土矿表面或无机物土层,并导致了早期地球上的微有机物开始繁殖。”

作者继续列出黏土矿的 5 个功能来证实有机生物的起源。例如，化学反应物通过吸附而集中。我们无需把 5 个功能全列在这儿，甚至去理解它们。问题是,每一种具有这 5 个功能的黏土矿都可以以另一种方式编织,这表现出有机化学合成物与黏土矿之间有密切地联系。这对黏土复制者合成有机分子并把它们用于自身的目的有好处。这个理论是个意外的收获。

在比我所能接受的更细节的方面,凯恩·史密斯早期时说他的黏土复制者可能是为了蛋白质、糖及所有之中最重要的核酸——RNA 而存在的。他认为，RNA 是首个用于纯粹的结构目的，就像石油钻探机使用丹宁酸而我们是用肥皂和清洁剂一样。

类 RNA 分子由于它们带负电的中枢会倾向于包上外面的黏土分子，这把我们带入了我们未掌握的化学领域。为了我们的目的，RNA 或者其他相似物在它们开始自我复制前已经存在很久了。当它开始自我复制时，它就变成了一种靠矿物晶体基因来提高 RNA(或其他分子)的制造效率的装置。一旦有一种新的自我复制分子出现了，一种新的自然选择也就开始了。

开始时，新的复制者比起它们接替的最初的晶体更加有效率，当它们进一步的进化，就变成了我们今天所知的最终的完美 DNA 编码。最初的矿物复制者像用旧的脚手架一样被丢在了一边，所有的现代生命都是以一种统一的基因系统和一种宏大而统一的基因化学形式，从相对近代的普通祖先进化而来。

在《自私的基因》一书中，我曾推测人类也许会被一种全新的基因接管。DNA 复制者为它们自己建立起“生存机器”——包括它们自己在内的有生命的生物体。作为一部分装备，身体携带着大脑并与之一同进化。大脑进化出了与其他大脑相交流的能力，这是语言和文化的交流。但是，文化交流的新环境使自我实体复制成为可能。新的复制者不是 DNA，也不是晶体，它们是各种只能在大脑中繁荣兴盛起来的信息或人工的大脑制造产物——书籍、计算机等等。但是，假使大脑、书、计算机，这些新复制者(我叫它们“米米斯”以区别基因)可以自我繁殖，从一个大脑到另一个大脑，从大脑到书本、从书本到大脑，从大脑到计算机、从计算机到计算机，它们因为繁殖才会改变——变异。也许米米斯的变异可以施加一种影响，我们在这里称之为‘复制者能力”。记住，那意味着任何一种影响都会影响它们自我复制的可能性，在新复制者米米斯进化的影响下，进化进入了幼年，现实中我们叫它‘文化进化”。

文化进化的速度要比基于 DNA 的进化速度大好几个数量级。这使人想起了"接管"一词,并且当一种新复制者的接管行动开始时,可以想像它会把它的父母 DNA(还有它的祖父母黏土,如果凯恩·史密斯是正确的话)远远地抛在后面,我们可以肯定计算机会很前卫。

很久以后,智能计算机会思考它们自身的失落的起源吗?它们会对变异的真相恍然大悟吗?它们会知道自己是源于遥远的早期生命形式——有机物——碳的化学形式而不是它们自己基于硅电子准则的身体吗?会有一个机械的凯恩·史密斯写出一本名叫《电子的接管》的书吗?它会重新发现拱门比喻的电子等价物,意识到计算机不能自发地来到现实而必须源于早期的自然选择吗?它们会仔细去研究并重建可能的早期的复制者沦为被电子篡夺的牺牲品 DNA 吗?它们会有远见地猜测到 DNA 也是遥远的更初级复制者无机硅晶体的篡夺者吗?如果它们有诗歌中峰回路转的思想,它甚至会看到一种最终回归硅基生命的公正,DNA 只不过是小插曲,虽然它持续了 3 万年还多?

那是科幻小说,并且听起来可能遥不可及。不过没关系,凯恩·史密斯的理论是瞬间的机遇,并且关于生命起源的所有理论确实有些遥不可及和难以置信。你是否发现凯恩·史密斯的黏土理论和更正统的原始汤理论都是不可能的?在你看来,原子随机连成一个自我复制的分子是否需要一个奇迹。好吧,其实我也是这么想的。但是让我们看看奇迹和不可能性的实质吧。据此,我会阐述一个互相矛盾但极为有趣的观点。对于科学家来说如果生命起源对我们人类意识来说不是奇迹,那么他们倒有些担心了(对正常人的意识来讲)。一个明显的奇迹理论绝对是以生命起

源的特殊物质得来的理论。究竟我们的奇迹是什么意思？这个论题将占据章节的剩余部分,从某种角度来说,它是我们早些时候关于数十亿行星的理论的外延。

那么对我们来说什么是奇迹呢？奇迹就是一件发生了的令人极为惊叹的事情。如果一座大理石雕像突然冲我们招手,我们就会把这件事当作奇迹,因为经验和知识告诉我们,大理石不会有这样的行为。当我说‘ 我可以在一分钟之内挨雷劈吗 ’这句话时,如果一分钟之内雷确实劈了我,我们就会把这当作奇迹。但是实际上,两种情况在科学上并非就是被认为完全不可能,它们只会被认为非常不可能。雕像招手比遭雷劈的可能性还要低。因为闪电确实劈过人,任何人也许都有可能被雷劈,但是在任何一分钟其可能性都相当低（虽然吉尼斯纪录中有一幅佛基尼亚人的相片,名叫人类闪电指引者,他已是第七次被雷击中,相片里在医院中他正在祷告,他的脸上浮现出感激之情)。我们的假设中惟一的奇迹程度是介于挨雷劈和口头祈祷之间的巧合。

巧合意味着有很多不可能性。我在任一分钟被雷劈的概率保守估计为千万分之一，在任何特定的一分钟内，这概率仍然很低。目前我已经有 23 400 000 分钟没有被雷劈,因为我不能肯定再给我一些时间是否我还不会被雷劈，所以，我估计次概率为 2 500 万分之一。为了计算整个发生的可能性,我们把相互独立的两者相乘，粗略计算为 250 万亿分之一。如果这样的事情发生了的话,我会称之为奇迹,并且在以后会注意自己的语言。虽然着巧合发生的可能性极低,我们仍可以计算出来,至少字面上它不是 0。

大理石雕像中的分子彼此之间不断地碰撞,因为碰撞会抵消,所以整体看起来仍是静止的。但是出于纯粹的巧合,所有的分子同时都朝一个方向运动手就会移动。如果分子又同时朝反方向移动,手就会又移动回来 。这样看，大理石雕像冲我们挥手是可能的,这可以发生 。发生的几率是难以想像的低，但并非不可计算。一位学物理的同事友好地帮我做了计算,这个数字是那么大,以至于从宇宙开始到现在都写不完所有的数字。理论上,一头奶牛和其他的东西一起跳到月球上这有可能,只是计算出的可能性比我们想像的要低。让我们看看我们认为可能的实质吧。我们所认为的可能只是整个真实可能性谱系中非常窄的一部分,有时比实际更窄。在这里可以用光来做一个比较贴切的类比。我们人眼只能看到频率从射电波到 X 射线中间的一个窄带范围的电磁波(我们称之为光)。我们看不见这个窄带以外的射线但我们可以计算出来。

而且,我们可以用仪器检测出来。同样,我们知道的在时间和空间程度上都超出了我们的可视范围。我们的思维处理不了天文学上的大尺度,也处理不了原子之间的小尺度。但是,我们可以用数学符号来表示这些尺度。我们的思维想像不了微秒级别,却可以做出微秒级别的计算。我们的思维不可能想像得出百万年之久，更不用说地理学家完全可以计算的千百万年。

就像我们只能看到整个电磁波带中很小的一部分一样,我们的祖先也一样如此,我们的大脑就是用来处理小空间、短时间问题的。假如我们的祖先不需要处理超出这个范围的问题,我们的大脑也不会进化来想像他们,可能很重要的是我们实践的只是我们想像中的一小部分,而我们所生存的几十年是我们的想像中的一小部

分。

关于不可能性和奇迹我们可以说出同样的事情。我们画出一幅关于不可能性的分级图,在大小尺度上类似从原子到星系,时间尺度上类似从皮秒①到万年。在所有尺度上我们划出若干里程碑。在最左边是一定会发生的事情，如太阳一定会在明天升起——数学家 G. H. 哈代半便士打赌的故事。接近左边的是一些有些不可能发生的事，比如掷骰子掷出一对六。发生的几率为 36 分之一。我期望我们都总能掷出这个数。继续向这幅图的右边移动,另一个里程碑是桥牌中‘完美牌’的可能性,它发生的几率为 2 235 197 406 895 366 368 301 559 999 分之一。让我们把它叫做‘一次发牌’,并作为不可能性的单位。如果‘一次发牌’被预测而且确实发生了的话,我们就称之为奇迹,除非发牌的人出千。但是,它在一场普通的牌局中有可能发生,而且可能性要比大理石雕像挥手高得多。后者在我们看来也是可能发生的,它是可以测量的,虽然从单位来说比千兆一次发牌还要大。在掷一对六和桥牌‘完美牌’之间是一系列多少可能发生的事情,包括被雷劈、赢得六合彩、高尔夫的一杆入洞等等。在这之中也有一些巧合让我们感到后背发冷。比如 10 年以来头一次梦到某人,但却发现昨晚他已经死了。这种可怕的巧合无论发生在我们还是我们朋友身上都是令人印象十分深刻的,但是它的可能性只有兆分之一个“一次发牌”。

在以基准点或标志点构造‘不可能性’的数学尺度之后,让我们集中于我们可处理的尺度的子划分。这里主要集中的范围就好像

①皮秒：一兆分之一秒

我们看到的可见光或者我们自己的寿命。在‘不可能性’尺度上跨度从最左边的非奇迹到一杆入洞或梦境成真,在这之外也存在着大量的可计算的不可能性——一个大得多的范围。

我们的大脑由自然选择构造以估计可能性和风险,就好像我们的眼睛被用来估计电磁波的波长。我们准备运用智力计算人类寿命范围内的对其有用的风险和几率。这意味着风险要附加条件,比如,用箭射野牛而被其刺伤、暴风雨中在单独的大树下避雨而被雷劈,或者尝试游过一条河而溺水。这些可能遭受的风险是与我们几十年的生命相当的。如果我们能活 100 万年的话,那么我们就要作出不同的风险估计。举个例子,我们应该养成不横穿马路的习惯,但是如果你 50 万年如一日地横穿马路,那么肯定你会被车撞到。

进化使我们的大脑可以主观地估计 100 年范围以内的风险。我们的祖先总是需要对风险和可能性做出决定,我们的大脑也就进化成了只能估计我们生存的短时间中的风险。我们也希望如此。如果某个行星上的生物可以活 100万年,那么它们所估计的范围应该会朝整个图的右边延伸。完美牌对它们来说可以一次又一次地出现,并且它们不会为之大写特写。但是即使是它们也不敢想像大理石雕像会对它们挥手,因为你不得不活上个一次发牌那么多年才能看到这样的奇迹。

这些对生命起源理论又有什么作用呢?好吧,我们开创这样一个理论,在这儿我们同意凯恩·史密斯的理论和‘原始汤’理论这两个有点遥不可及的理论。由于遥不可及,我们自然感觉倾向于这些理论。但是不要忘记,我们这种生物只能理解整个图中靠最左

边的可计算的风险。我们的主观判定说很有可能与实际可能并不相关。能活 100 万年的外星人的主观判断又会有很大不同。一些科学家关于第一个分子自我复制的让世界上所有人都大吃一惊的假设,在他们看来是很有可能的。我们怎样才能判定谁的观点是正确的，我们的还是外星人的？

这里有一个简单的回答,生命长的外星人的观点对于凯恩 • 史密斯的理论或‘ 原始汤 ’理论来说是正确的。这是因为这两个理论所作的假设—— 自发产生、自我复制的实体——要等上 10 亿年才会发生一次。1.5 京年是地球和第一块细菌化石的年龄。由于我们只能对几十年中可以发生的事作出反应的大脑，1 京年才发生一次的事情当然要被我们看做奇迹。这对外星人来说也就相当于高尔夫中的一杆入洞——我们都听过某人说某人打出过一杆入洞。长寿外星人所持观点的时间跨度可以与我们的理论相对应,因为他们的寿命近似等于生命的起源。而我们对于生命起源的主观判断因为 100 多万年的时间因素很可能是错误的。

实际上,我们主观判断即使在比 100 万年更短的时间里也是错误的。不仅是因为我们的大脑只能思考短期内的事情,而且因为它只能思考个人的、小圈子里的对我们有用的事情。这是因为我们的大脑不是在大量的媒体刺激下进化的。新闻的大量报道意味着我们可以在报纸或吉尼斯记录中读到任何人在世界任何地方经历的不可能的事情。如果我们的祖先在世界的任何地方都面对着遭到雷击的威胁,而且这有可能,我们就可以读到并且适时地留下印象。但是这世界上有几十亿人都可能发生这样的巧合，因此这巧合看起来并不是很神奇。我们的大脑很可能在自然的进化中只能估计自己或者村里的几百人的风险,这风险也是我们

部落祖先希望了解的。当我们看报,知道在瓦尔帕莱索或维吉尼亚发生的奇事,我们的印象会比我们能想到的还要深刻。如果由读报纸的世界人口和部落中希望知道此事的人口两者的比例达到 100 万的话,这印象会更深刻。

“人口计算”与我们作出生命起源可能性的判断有关,不是因为地球上的人口，而是因为宇宙中所有的可能诞生生命行星上的人。这是我们在这章前面见到的观点,没有必要在这上面作研究。现在回到我们头脑中的不可能性尺度图。在那里,有着关于桥牌和掷骰子的巧合基准。生命在行星上诞生的可能性（假如 10 亿年发生一次),在分级尺度中,在‘一次发牌’和掷骰子的几率中,可以标出以下 3 个新的基点 在每个太阳系中生命只有一次诞生机会,生命在一个银河系中只有诞生一次的可能性,在整个宇宙中有随机选择一个行星并诞生生命的可能性,我们把这个数记为太阳系数、银河系数和宇宙数。记住，宇宙中存在着大约 1 000 亿个银河系,我们不知道每个银河系中有多少个太阳系,因为我们只能看到恒星,但是我们初步估计整个宇宙中会有一万万万亿颗行星。

当我们估计一个假设的不可能性，如凯恩·史密斯的理论,我们不应该主观地去推断可能或不可能,而是要根据太阳系数､银河系数､和宇宙数这 3 个数字来估计。根据下列 3 种情况,我们以最接近事实的来确定哪个数比较合适：

情况一 在整个宇宙中只有一个行星上诞生了生命(据我们看来,这行星就是地球)。

情况二 在每个星系中都会有惟一的一个相应的行星诞

生了生命(在银河系中,地球是一颗幸运的行星)。

情况三 生命起源的可能性很高,以至于每个太阳系这样的系统中都会有一颗有生命存在的行星(在太阳系中,地球是一颗幸运的行星)。

这 3 种观点表现出了我们对生命的惟一性的 3 个基准。实际上，生命的惟一性就在情况一和情况三。为什么我要说起这个？为什么我们要排除第四种可能性,即生命诞生的可能性比起情况三来更大 ?这不是强有力的观点,但是事实就是这样。如果生命的诞生要比情况三还容易的话，到现在我们也应该遇到地外生命了,即便不是活生生的人,哪怕是无线电电波也好。

经常有人指出化学家在实验室里尝试复制自发的生命起源过程又遭到了失败。但是,如果化学家能在实验室的试管中非常容易地获得自发的生命体,那反倒是我们担心的了。之所以这样,是因为化学家的试验没有持续千百万年,并且因为只有一个化学家在做试验,而不是千百万个化学家在做这个试验。如果生命的起源会在几十年里由化学家的试验得出的话,生命就会在地球上诞生了很多次,并且在其他的行星中也会诞生了。当然,关键在于科学家复制的早期地球的重要条件是否正确,但即使这样,我们仍有许多回答不出的问题。这个观点仍就值得研究。

如果生命的起源是一件普通的事情,就会有大量在无线电传播范围内的行星发出无线电信息了（记住无线电传播速度是每秒 186 000 公里),使我们在装备了无线电的这几十年之间至少有一次传输。有不少于 50 颗的恒星在无线电覆盖范围之内，并且只要我们拥有的科技他们也会拥有。但是 50 年只是一瞬间,如果

有个离我们如此近的恒星那也是纯属巧合。如果我们承认自己做出了计算,即 1 000 年以前已经有 100 万个在无线电覆盖范围以内的恒星拥有无线电科技了(会有多颗行星围绕在这些恒星周围)。如果我们回溯 10 万年，把那时拥有无线电技术的行星包括进去,整个万亿颗恒星都在无线电覆盖范围之内。当然信号在这么远的距离之内会被很大程度地削弱。

所以我们遇到了以下矛盾 如果生命起源的理论对我们的主观判断是足够可能的,它将不能说明我们观察到的宇宙中生命稀少这一理论。根据这个观点,我们寻找的理论好像是不可信的,如地球限制、10 年限制等的想像。相比之下,凯恩 • 史密斯的理论和“原始汤”的理论看起来是那么的真实。我们必须承认,因为计算中有那么多的不准确性,如果某个化学家以前真的成功创造出了自发的生命，我就不会如此地惊惶失措了。

我们仍旧不能精确地了解自然选择在地球上是怎样开始的。这一章我们持着谦虚的态度,目标是解释通过特定的方式来使进化一定发生。当前关于生命起源所缺乏的证据不应成为达尔文整个进化论世界观的绊脚石,也许其中可能有颇具希望的想法。早先的章节清除了其他的绊脚石,下一章我们将处理最后的一个想法：自然选择只能用于毁灭而不能用于建造。

第七章　创意进化

人们有时认为自然选择是一种纯粹的反作用力,它有能力消除异常和失败品,但是它却没有力量去创造一个复杂、美丽、有效的设计。它只能把已有的减去而不能创造出新的加上去吗？雕像应该可以部分地回答这个问题,并没有什么东西加到大理石上,但是经过雕塑家的去除,一座美丽的雕像便会出现在我们眼前。但是这个比喻可能会误导某些人,他们直接关注这个比喻的错误部分——事实上雕塑家是一位有意识的设计师——并错过重要的部分——事实上雕塑家是在减而不是在加,即这个比喻也不应该想得太远。自然选择也许只能减去,但突变可以加上。通过地理学上漫长的时间跨度,突变和自然选择会建立起复杂的结构,在这里用的加比减多。有两种主要的途径可以使‘建造’开始 第一种途径名为‘相互适应的基因性”,第二种途径名为‘军备竞赛”。表面上两者彼此完全不同,但是它们又会在‘共同进化’和‘相互基因的环境”这两个大前提下统一起来。

首先,关于‘相互适应的基因型’这个想法。一个有特定作用的基因起作用是因为已经有了正在工作中的结构。基因不会影响大脑的布线,除非大脑已经先行在这里布好了线,除非存在一个完全发展中的胚胎,但是不会有完全发展的胚胎,或者除非存在一

整套化学物和细胞活动,其偶然地影响了很多基因和非基因。基因所有的特别作用并不是基因的内在属性,它们是胚胎发展过程中的属性,存在于过程中的细节会改变基因。它们会在胚胎发育的特殊阶段和特殊时间活动。计算模拟的基本形态的发展为我们阐明了这一点。

从某种意义上来看,胚胎进化的整个过程就好像上千个基因共同做的一次冒险。胚胎由变化中的有机物组合在一起,基因们互相协作。现在我们来理解这样的协作产生的关键。在自然选择中,基因总是选择它们生活的最有活力的环境。我们想到环境总想起外面的世界,这个世界中的天敌和气候。但是从基因的观点出发,可能最重要的环境部分就是它们碰到的其他基因以及在哪里它们可以碰到其他基因。大多数它们可以在成功的个体细胞中找到。每个被选基因都有能力和它们可能碰到的其他基因很好地配合。

在给定基因组成工作环境中真实的基因数量不只是碰巧聚集在一起的特殊单体细胞的集合。至少在两性繁殖中,它是一套杂交繁殖个体基因的总和—— 基因池。任何时刻,任何基因的拷贝都要加入到一个个体生物中的细胞里去。但是拷贝基因的原子团并不具有永久的利益,它只有一个月多的期望生命值。如我们所见,长寿的基因作为进化了的单元没有任何特殊的物理结构,只是把原来的档案信息拷贝下来。原信息复制者有着分布式的存在,它在空间上被广泛地分布到各个个体中去,在时间上它被广泛地分布到好多代。当仔细地观察分布方法的时候,在一个身体中任何一个基因都有可能碰到另一个基因。在前进的地理时间中,它可以‘ 期望 ’在不同身体的不同时间遇到多种多样的基因。

一个成功的基因也许会在不同身体中遇到许多不同基因。“干得不错”的基因结果会与其他的基因“合作”。在生物化学中,这一点直接被人们发现。

生物化学方向是一些有用过程的连续阶段顺序组成的化学药品，像一些能量的放出和重要物质的合成。每个化学阶段都需要酶——一种巨大的分子,好像化学工厂中的机器。不同的酶在不同阶段起作用，有些时候达到同样的结果也会有几种化学反应方向。虽然两种路径有着同样的结果，但是它们的中间阶段不同，并且起始点也不相同。两种其一便可以完成作用,采取哪种都可以，重要的是任何特殊的动物都在避免一次同时尝试两种情况，因为这会导致化学物质混乱和无效。

现在假设路径 1 需要酶 A1、B1、C1 来继承,为了合成化学物质 D,使用酶 A2、B2、C2 的路径 2 也要达到同样的目的。每一种酶由一种特殊的基因制造。为了达成路径 1,物种需要为 A1、B1、C1 编译基因,使之一起进化;为了达成路径 2,物种需要为 A2、B2、C2 编译基因，使之一起进化。选择哪种进化不会由高级计划来决定,而是由每个被选择的基因按照其他的占主导数量的基因的兼容性决定。如果生物富含 B1、C1 基因,这里更会建立 A1 基因而不是 A2 基因;相反的,如果生物富含 B2、C2 基因,这里更会建立 A2 基因而不是 A1 基因。

实际上并不是如此简单。但是你可以想到,关于一个基因喜欢不喜欢其他基因的一个重要“气候”就是其他基因有多少。如果多，那它就会和其他基因共享一个身体。既然其他基因也是相同的情况,我们就可以画出所有合作进化解决问题的基因组图表。基

因自身不进化,它们只是能不能在基因池中生存下去。“组”才可以进化。其他组也许已经做完了这项工作，也许完成得要更好。但是一旦一组在基因池中占据主流,那它就自动有了优势,少数组要想闯入很困难,即便最后少数组也许会更有效率。多数组对被自动取代有一种抵抗力,这只是靠多数组的优点。这些并不意味着多数组总也不会被取代。如果真是那样，进化就不会进行了。但是，这其中存在一种内置的惯性。

这种观点明显没有被生物化学所限制。我们可以用同样的基因做出成群的不一样的眼睛、耳朵、鼻子,会走路的羔羊,一个动物肢体所有协同工作的部分。基因使牙齿易于咬肉就像使肠子易于消化肉一样,相反的,基因使牙齿易于咬草,就像使肠子易于消化草一样。两种情况反之亦然。“食肉基因组”倾向于聚集在一起,“食草基因组”倾向于聚集在一起。先前提到一个身体内的可以基因彼此合作一起。经过进化,它们每个都变成了自然选择所作用的环境的一部分(比如它们祖先的拷贝)。如果我们要问为什么狮子的祖先吃肉而羚羊的祖先吃草,回答是最初这是一场意外。一场意外也可以是狮子的祖先吃草,而羚羊的祖先吃肉。但是一旦食肉的基因组建立起来,那它就会自我增强,而一旦食草的基因组建立起来，那它就会反方向地自我增强。

早期的进化一定发生了一件主要的事情,参加协作的基因数量增加。细菌的基因数量远比动植物要少。这种增加也许来自于多种基因复制的结果。记住,就像计算机光盘上的文件,基因只是一串编码过的信号,它可以拷贝到染色体的不同位置,就像文件可以拷贝到光盘的不同位置。在我的光盘里,这章就是 3 个正式的文件。我可以让计算机读出 3 个文件的其中之一,然后它将给

出一份文本文件,包括你现正在读到的字。所有的看起来整洁而有序。但是对于光盘自身,数据的存储就不是整洁而有序的。如果你打破计算机操作系统的规则你就可以看见,然后自己写出程序解释光盘的每个扇区都写了些什么。我的 3 个文件变成了碎片,它们彼此插入,并且夹杂着旧文件和我已经删除并且忘记了的文件。任何给出的文件碎片字与字都相同或者有些小出入分布在整个光盘的 6 个不同位置上。但是根据我们观察,文本又被重新分散出去了,因此多份拷贝就是在磁盘中被发现的,磁盘用得越久,碎片就越多。

现在一个物种的 DNA 操作系统已经非常非常老了，又有证明显示长期以来它有些像磁盘的碎片。一部分证据来自于不可思议的现象——“基因内区”和“基因外区”。过去 10年中,有人发现一个单个连续的 DNA 信息不会存储在一个地方。如果你读到了染色体编码(比方说,如果你破解了操作系统),你会发现“有意义的”叫做“基因外区”,它与“无意义的”“基因内区”相分离开。任何一个基因都分裂成一系列碎片(外区)并且与无意义的内区分隔开。每个基因外区最后都有像“下转到第 99 页”这样的指示。完整的基因由一套基因外区组成,当它们最终由“官方”操作系统读取并转化成蛋白质时会聚合在一起。

更进一步的证据来自于这样一个事实 染色体上堆满了不再被用到的旧基因,但是它们仍就可以被识别。对一个程序设计师,“基因化石”分配的形成使人惊奇地联想起了磁盘保存文件的方式。对于一些动物来说,很多基因实际上并未被读取,这些基因要么是无意义的，要么就是过期的化石基因。

偶然地,根据我写这本书的经历,文本化石有一次自我继承。计算机的失误(或者直接地说应该是人的失误)使我偶然地删除了第三章,当然文本表面上并未被删除,删除的是每个指向外部基因的指针。官方的操作系统不可能读得出来,但是非官方的我作为一个基因工程师检查磁盘上的所有文本,我看见的是令人迷惑的文本碎片:七巧板游戏。这之中有些是最近的文件,有些是古老的"化石"。把这些七巧板拼起来后,我可以重建这一章,但我不知道哪个是最近的碎片、哪个是化石,除了一些新加入的必要编辑,并不是说它们就完全相同了。至少某些化石或者过期的内部基因有一次存在了,它们帮助我摆脱了困境,使我免于重写整个章节。

现今仍然存在的物种在这里也有证据,化石基因偶尔会再一次光临,并且在冬眠了 100 万年后被重用。如果细说,这会脱离本章的主题,因为你会想起刚才我们已经跑题了。主题是由于基因复制会使整个 5 种基因能力增加。老基因的拷贝是其中的一种方法,也有其他方法,可以立即让基因拷贝到染色体各处,就像文件可以拷贝到磁盘各处或者整个磁盘一样。

人类有 8 种独立基因叫做球蛋白的(用来制造血红蛋白)存在于多种染色体中。看起来好像所有这 8 种基因都是由球蛋白基因祖先复制得来的。大约 110 亿年以前,球蛋白基因祖先复制并且得到两种基因。我们知道这件事的日期,因为知道球蛋白习惯的进化的速度(参见第五章和第十一章)。由最初复制而产生的两种基因,一种变成了在脊椎动物体内制造血红蛋白的基因的祖先,一种变成了制造肌球素基因的祖先,肌球素是一族在肌肉中工作的有关系的蛋白质。

后来多种复制发生产生了阿尔法、贝塔、伽马、叠尔塔、艾普希龙和泽塔球蛋白。不可思议的是,我们可以建立所有球蛋白的家族树,甚至可以在分支上标上日期(例如,叠尔塔球蛋白和贝塔球蛋白在 4 千万年前分开,艾普希龙和伽马在 1 亿年前分开)。而且这 8 种球蛋白远祖的分支子孙到现在还遍布每个人的体内。它们把祖先的染色体划分成不同部分,我们用不同的染色体继承了它们。分子和与之关系极为疏远分子的子孙共用一个身体。可以肯定的是,许多这样的复制在所有染色体内还在继续并且会持续整个的地质时间。在讨论真实生命比第三章提到的生物化学更为复杂时这些需要重点考虑。它们一共只有 9 个基因,这 9 个基因只能通过进化而改变，但是永远不会增加到 10 个。即使是真的生物,这样的复制也太稀有了,但这并不足以使物种的所有成员分享同样的' 地址 '系统无效化。

合作基因的数量将在进化中增加,在物种体内的复制这并不是惟一的意义。有一种更为稀有的可能，但仍然是非常重要的可能，那就是偶然地和另外一个物种合并，即使是关系极为疏远的物种。例如,血红蛋白的祖先是豌豆科的植物。它们从没在任何科的植物中出现,但是却好像是必然似的不知怎么通过动物的交叉感染进入了豌豆科，病毒可能充当了中间者。

据此有一个重要的事件,根据美国生物学家林恩 · 玛谷里斯日益受到宠爱的理论,即真核细胞起源理论。真核细胞包括所有的细胞,除了细菌以外。重要的是现实世界被划分为细菌世界和其他世界,我们在其他世界中,这里的全体都称之为真核细胞。我们区别于细菌的主要一点在于我们的细胞中存在离散的微细胞单元。这中间包括存在于染色体中的核 微小爆炸状物体叫做线粒

体(我们为了简短用 1 表示),其中装满了复杂的膜,并且存在于(真核)细胞的植物的叶绿体中。线粒体和叶绿体有它们自己的DNA,它们可以复制并繁殖自己,并且完全独立于细胞核中染色体的主要 DNA. 你身上所有的线粒体都是母亲卵子内的少数线粒体的后代。精子太小,不能装载线粒体,因此,线粒体的旅行绝对走的都是雌性的线路，而雄性的身体便是线粒体旅行的终点。顺便提及,这意味着我们可以用线粒体追寻我们的祖先,但是要严格地走雌性线路。

玛谷里斯的理论是线粒体和叶绿体以及细胞内的其他的一些结构都是继承于细菌。真核细胞形成于 20 亿年以前,那时几种细菌施加了力量，因为这样做对它们彼此有利。过了漫长的时间，它们聚合成为互相合作的单元叫做真核细胞,现在变得不可能觉察到真相，如果事实就是它们曾经从细菌中独立出来的。

也许一旦真核细胞被创造出来，一个新的设计范围就变的可能了。我们观点中最有趣的是,细胞可以制造由数十亿个细胞组成的身体。所有的细胞都分裂成 2 个，每个各拥有整套基因的一半。如我们看到细菌在针尖上的情况时,连续的细胞分裂可以在短时间产生大量的细胞。开始时，只有一个细胞并分裂成 2 个；然后,每个再分裂而变成 4 个 每个再分裂,变成 8 个,数字呈几何倍数增长，8、16、32、64、128、256、512、1 024、2 048、4 096、8 192 。在 20 次翻倍后，那不会用很长时间，我们就有将近 100 万了。在 40 次翻倍后,我们就有一万亿以上的细胞。细菌是靠大量细胞连续翻倍并相互独立，许多真核细胞也是如此，例如原生动物和变形虫。进化中的一个主要步骤就是细胞在连续分裂之后应该聚集在一起而不是相互独立。如上所述，在极小的级

别，在两种计算机生物形态的分支中出现了高级生物结构。

现在,大型的身体第一次变得可能起来。一个人类的身体真的是一个庞大的细胞群,所有的子孙都来自于同一个祖先,那就是受精卵。所有的堂兄弟姐妹、儿女、孙子孙女、叔叔阿姨以及其他的细胞都在同一个身体里。由 10 万亿细胞组成的我们的身体只是由几代细胞分裂产生的。细胞有 210 种(根据味觉),所有的都是由同一套基因构成,只不过每种细胞由不同的成员构成。这就如我们所见的一样,肝细胞不同于脑细胞,而骨细胞又不同于肌肉细胞。

基因通过器官还有多细胞体的繁殖来工作,并要确保多细胞体中每个细胞不会单独工作。多细胞体使基因控制世界变成可能,利用工具建立在比单个细胞的尺度更大的尺度之上。它们通过直接影响小尺度的细胞来间接达到对大尺度的操作。例如,它们改变细胞膜的形状。大量细胞互相影响来产生整体效应,比如影响一只胳膊、或者一条腿、或者(更间接的)一个海狸的坝。绝大多数我们可以用肉眼看到的有机物特性是‘浮现特性’,即使只有 9 个基因的计算机生物形态也有浮现特性。

真实的动物通过细胞的交互作用在整个身体中被制造。有机物是作为一个整体来工作的。并且，据说基因会影响整个生命体，即使每个基因的拷贝只对自己的细胞施加作用。

我们已经看到了基因环境的一个非常重要的部分,即其他的基因很可能在继承的后代体内相遇。这些是物种内部基因的序列改变和基因混合。确实,有性繁殖物种可以看成是一种设备。这种

设备可以是一串离散系列的习惯于互相混合的基因改变序列。根据这个观点,物种不断地变换物种内基因排列顺序,但是从不触及其他物种的基因。然而这对其他物种很重要,即使这些基因在同一细胞内很近的距离都不相见面,但它们彼此之间却构成很重要的环境。这种关系经常是敌对而非合作,而且这可以被看做是一个颠覆的信号。这是我们要讨论的第二个主题"军备竞赛",虽然这件事很微妙,以至于我们不应该做过深的讨论。这件事在捕食者和被捕食者、寄生虫和宿主,甚至是同种族的雌性和雄性之间都存在。"军备竞赛"会在进化时生效,而不是在某个个体的生命时间段里。"军备竞赛"是这样构成的:一个世系(如被捕食者)生存技巧的提高,作为直接的影响,它会使另外一个世系(如捕食者)得到进化。在个体的敌人有能力进化自己技巧的地方会有"军备竞赛"发生。我认为,在整个进化过程中"军备竞赛"使种族进步的作用是关键的。而早期的偏见曾说进化不会有继承新的进步的问题,如果动物只会遇到天气或其他方面的问题,如果我们认为会发生什么的话,我们可以事先了解。

动植物在一个特定的地方经过许多代的累积选择之后,当地的动植物就会特别适应环境。比如天气环境,如果环境寒冷,动物会长出厚实的毛发或者羽毛 如果环境干燥,就会进化出坚韧的或者像蜡涂过一样的防水的皮肤,这样会保存体内的少量水分。对当地条件的适应会影响身体的每个部分 它的外形、颜色,它内部的器官,它的行为和它细胞内的化学成分。

如果一个世系的动物生存在不变的环境条件下,比如 100代以内总是又干又热,进化可能就暂停了。动物可以完全适应当地的条件,这并不意味着它们已经进化得很完美了,这只意味着它们不

会再通过任何小的进化步骤来使自己得到提升 周围没有与之相似的生物形态比它做得更好了。

外界条件改变时,进化就会继续 冰河时期的前兆、一个地区平均降雨量的改变和主要风向的改变。这些事情都在要进化的物种周围发生。结果进化不会暂停了,取代的是它会不断地' 跟踪 '着周围变化的环境。如果这个区域内的温度稳定地下降,并且持续了一个世纪,连续多代动物会由稳定的选择' 压力 '推向一个方向,比如长出了厚实的毛发。在几百年之后温度下降的趋势开始倒转,平均温度开始回升的时候,动物又会在新选择压力的影响下,使毛发再一次变短。

但是目前我们考虑的只是有限的环境条件。比如,气候对' 动物和植物是十分重要的 ” 。几百年前的改变使进化循着它开始进行。但是气候的改变是随机的，并且以一种不连续的方式。

动物环境同样需要被' 跟踪 ',因为动物环境的变化更恶毒。这部分环境本身是活的动物,对被捕食者角马、斑马、羚羊的变化来说,捕食者鬣狗至少和气候变化一样重要,羚羊和其他食草动物在大平原上游走以寻找青草。气候也许是很重要的，但是狮子、鬣狗和其他食肉动物也是很重要的。累积选择会使捕食者变得善跑,使被捕食者变得多智。这些条件不小于气候给它们造成的影响,而且就像被进化' 追踪 '的天气波动一样,长期以来捕食者的变化和习惯也同样被被捕食者所追踪；当然，反之亦然。

我们可以使用物种的 “ 敌人 ” 来表示使此物种面临困难的动物。狮子是斑马的敌人,说斑马是狮子的敌人看似有些冷酷无情,两

者的关系中斑马的角色看起来好像很无辜,并且不应该被坏‘ 敌人 ’所捕食。但是,从狮子的观点看,斑马在草原上反抗狮子的捕食使自己的生活变得艰辛。如果斑马和其他食草动物都能逃脱追捕,狮子们就都饿死了,我们因此定义斑马是狮子的敌人。绦虫是宿主的敌人,宿主也是绦虫的敌人,因为它们想通过进化来抵抗绦虫 食草动物是植物的敌人,植物也是食草动物的敌人,某种程度上它们制造了刺 有毒的、令人恶心的化学物质来防止被吃。在进化期内,动物和植物世系‘ 跟踪 ’不懈,它们的天敌会比跟踪气候条件更为认真。猎豹进化出更好的武器和战略对瞪羚来说就像天气变糟一样,它们都会同样去跟踪,但是两者有很大的差别。天气 100年也不会以一种恶毒的方式去变化，只是雨水降多降少，这并不会带有特别的意思。100 年过去了,猎豹比它的祖先更善于捕捉瞪羚，这是因为猎豹的交替不像天气的交替，猎豹服从累积的选择,猎豹倾向于跑得更快、视力更敏锐、牙齿更锋利。而‘ 敌对 ’的气候和其他无生命条件没必要总是与之敌对，而活着的敌人从整个进化时间来看肯定总是倾向敌对的。

食肉动物变好没多久就变得泄气了,好像人类军备竞赛一样(经济的原因）。因为它们的优势与食草动物的优势之间并不平行；反之亦然。瞪羚与猎豹同样服从于累计选择,几百年之后,它们也会变得更善跑、反应更敏捷、在长草中隐蔽得更完美,它们会进化成对于猎豹而言是更强敌人。对猎豹来说,每年并没有变得多好或多坏,除非目前有任何适应环境很好的动物一下子变得糟糕了。但是每年瞪羚却在变糟—— 因为更有侵略性的猎豹使得逃跑更难了。再一次,瞪羚的进化速度趋于暂停,它与捕食者的进化展现出不平衡性。一方好一点是因为另一方的存在，反之亦然。几百年来遵循的就是这样一个恶意的循环过程。

在我们现实世界里这个非常短的时间跨度中，当两个敌人中的一个提升自己的武力而引起另一个敌人也做同样的事，我们称之为“军备竞赛”。这对进化来说是一个很好的类比。并且，我不会对我的同事道歉，他请求主宽恕我做这样的比喻。我以一个例子介绍我的观点，即瞪羚和猎豹。这就是两者的不同，活的敌人服从进化带来的改变，而无生命的敌人也服从，只不过没有了计划性。但是，现在是我承认错误的时候了，我的观点也许会误导读者去想到另一个方向。“军备竞赛”的观点实质上就是比谁跑得更快。那么，根据我们提到的推论继续下去，瞪羚和猎豹会继续进化，一代接一代，最终两者都会超越音速。这样的情况不会发生，而且永远都不会。再重新开始“军备竞赛”的讨论之前，我有必要先澄清这个误解。

第一个限定条件是：我对猎豹给出了一个稳定上升的捕食能力，而对瞪羚给出了稳定上升的避免被捕食的能力。读者就会以为物种会势不可挡地进化，变得比它们的父母更加结实、更加迅速、更加勇敢。但在自然中显示并非如此，如果长时间跨度地去观察而不是只比较两代，就更容易发现这个事实。“提高”远远不是连续性的，它是一件不规则的事情，有时停滞，有时甚至倒退，并不是像“军备竞赛”那样慢慢地朝一个方向前进。变换的条件、变换的生命外力，即天气，很可能放慢或使“军备竞赛”变得不规则。至今的观察者都可能意识到了这一点。也许延续很长时间“军备竞赛”都没有进步，而且可能也不发生进化。有时“军备竞赛”的一方会获胜，使另一方的物种会灭绝，然后另一次的“军备竞赛”又重新展开。但是，即使如此，“军备竞赛”这样的想法仍旧是迄今为止对动物的高级、复杂结构所能做出的最满意的解释。“军备竞赛”这种“提高”好像会继续下去，即使中间过程有中断，或者

“军备竞赛”会充满活力,即使一个生物的生命过程中进化得如此之缓慢,即使“军备竞赛”存在于整个的历史跨度。

第二个限定条件是:我称做敌人的关系要比简单的瞪羚和猎豹的两者关系来得复杂。复杂,是指一个物种会有两个(或更多的)敌人,而这些敌人之间还存在着另外的敌对关系,这是大家通常说的“丛草受益原则”,即畜生吃草对草有利。奶牛吃草,因此草可能认为奶牛是它的敌人。但是草在植物界也有其他的敌人,比如杂草,如果允许其无限制地生长,它们也许比奶牛更有威胁。草可能因为奶牛吃它们而遭殃，但是有竞争性的野草更会使其遭殃。因此，一块草地只存在奶牛则是草得到了好处。这样看来，奶牛是草的朋友而不是它的敌人。

然而,奶牛仍然是草的敌人,因为单株草比起与其被奶牛吃还是和其他草竞争为好,并且任何突变植物会分泌出化学物,使得奶牛不吃它们(包括基因结构用做化学武器),而它们的种子会比竞争对手产生的种子更容易存活。即使奶牛是草的朋友,但是自然选择也不愿意让草被牛吃掉:这一部分的大致结论如下:想到奶牛和草、瞪羚和猎豹做“军备竞赛”比较容易。但是我们不能忽视它们同时与其他敌人存在“军备竞赛”。这点在此不再继续讨论，但是它可以发展出这样的解释:为什么特殊的“军备竞赛”会变得稳定而且不会永远发展——不会导致捕食者能以两马赫的速度来追捕被捕食者。

存在着这种牵连,通过时间的洗礼,某个区域的捕食者将会有机会遇到来自另一个区域的被捕食者。到了近代,那些近现代的捕食者与被捕食者都围绕着它们的始祖而代代演变,这与能被证明

的试验不同，即使一些人发现了确实罕见和孤立存在的始祖动物,例如在澳大利亚和马达加斯加,好像坐着一架时间机器回到澳大利亚的远古时代。这些人认为澳大利亚的物种在先前的优胜劣汰演化以及外在世界的作用下趋于灭绝。那些人认为土著动物是“旧的”过时的,但是即使“澳大利亚存在着活的化石”的假设,它也很难被确定。

无论在平衡上的进化过程多长,成功率依然是零,这些都已经被芝加哥大学雷恩·范·弗伦定为“红后效应”。在《爱丽丝镜中游记》中,红女王紧紧地拉住爱丽丝穿越边境,但无论多快,他们总在同样的位置。爱丽丝迷惑地说:“在我的国家,你保持很快的速度,并持续一定的时间,你将到任何地方。”女王说:“那是一个速度慢的国家。然而,现在你花费你的最大极限去跑,但却停留在同一个位置,如果你想到另一个地方,请至少用双倍速度。”

又如,为什么森林中的树如此之高?简单的解释是森林中的其他树都很高,树木不想生长在别的树木的阴影之中。当所有的树长到最高的时候。所有的树都以平均高度暴露在太阳下,没有谁能变得更低。但是如果它们都变得低一些,或者他们达成协议去降低大家暴露在阳光之下的高度,所有的树木都会受益,它们可能会和别的树木竞争去争夺到绝对一样的阳光。但是它们只需要比以前小很多的付出便可实现,这整个树林的收益将会增加,对个体的树木也是如此。不幸的是,自然选择不会理会总体经济情况，而且也没有场所去讨论并达成共识。这就变成了树枝竞赛，随着时间流逝,森林正在变得越来越高,在每次发动的“军备竞赛”中,在它自己的理由中都没有本质的利益使自己长高。而在每次发动的“军备竞赛”中,使自己变得更高的理由,就足以让自

已比自己的邻居变得更高。

随着‘ 军备竞赛 ’的不断进行,整个森林顶层的高度变得越来越高。但在它们变高的过程中都没有受益。它们通常会退化,因为它们的花费变得很高,所以维持原来的高度比较经济合算。正如爱丽丝与红色皇后所说,树木可能变得更好,但它们没有注意到的是它们仍呆在原地。在一般的‘ 军备竞赛 ’中,包括人类在内,尽管如果没有人受益的话一切可能会变得更好，但是一个争先，个个都会恐后。顺便说一句,我说的这个故事可能过于简单。我并不是说每个进化后的树会变得比上一代高,也并不是说‘ 军备竞赛 ’有必要继续进行下去。

另外一种观点说明了‘ 军备竞赛 ’并没有必要在树的各个部分之间进行。就个体树木而言,自己的阳光被挡时就遭到了损失。更可能的事实是,所有成员在进行内部竞争时比对外部竞争更加严肃地对待。进一步来说,内部成员的竞争比与其他部分竞争更为激烈。因为内部竞争的是同一种资源。这也包括诸如男性和女性、父母和子孙之间的竞争。我已经在《自私的基因》这本书中讨论过,这里就不再赘述了。

树的故事使我可以去介绍两个不同类型‘ 军备竞赛 ’之间的概括性差别“: 一致性军备竞赛(竞争)” 与‘ 不一致性军备竞赛(竞争)”。‘ 一致性竞争 ’是两个竞争者为了同样的目的而展开的,正如森林中树木的竞争目的是争夺阳光。树木的不同部分并不是统一地以一种方式生存,在这个特殊的竞争(为了阳光展开竞争)中,它们之间是竞争者,为了同样的资源它们成为竞争的一部分,最终一方胜利而另一方失败,之所以称之为‘ 一致性竞争 ”,是因

为这个自然的成功与失败对两边来说是一样的 各自都是为了争夺阳光和避免被掩盖。

然而,猎豹和瞪羚的之间的竞争是‘ 不一致的竞争 ’,对于成功的一边和失败的一边来说这是一种真正的竞争,两边成功和失败的自然性质是非常不同的。这两边正试图去做非常不同的事情,猎豹试图去吃掉瞪羚,瞪羚不会试图去吃掉猎豹,但是它们要避免被猎豹吃掉。一个看待‘ 不一致竞争 ’的革命性观点非常有趣。因为它们都试图去装备更复杂的‘ 武器 ’,我们可以看到为什么可以拿人类的武器技术来做例子。

我可以用 USA 和 USSR 来做例子，但确实是没有必要牵扯到具体的国家。发达国家一些公司制造的武器,最后将会被许多国家购买。已经存在的防御性武器,例如低空飞弹,试图引诱发明更有效的东西去替代雷达控制系统，以搞乱对方的控制飞弹系统。这个“ 干扰设备 ”不太可能被敌国制造,但可能在同一个国家制造出来,毕竟没有公司比发明这种特殊飞弹的公司有更好的干扰设备。同一个公司生产这两种产品,并将它们分别卖给战争的对立两方,我有足够的悲观去预见它们的发生。它也逼真地证实了装备发展的观点 装备精湛,效果僵持,花费增加。

按我目前的观点,军备竞赛双方的制造商们不是敌人,或双方是没有关系的。这个问题非常有趣,在不管制造商的前提下,问题是装备本身在某种特殊的观点下是对手、是敌人。这一点我在这个章节里已经证明过了。飞弹和它特殊的干扰装置对彼此来说是敌对的,这与它的设计者双方是不是敌人并没有关系,虽然这很容易臆测他们是敌对双方。

到目前为止,我讨论了飞弹矫正法的例子,并没有涉及到它的革命性、革新性的方面。毕竟前者才是引入这个章节的主要原因。这里的观点并不仅仅适用于目前的飞弹设计,飞弹不仅促成了针锋相对的武器的问世,如电台干扰设备,几乎导弹的每一次进步都促成了它自己的下一个进步。在矫正过程中提高它们的效能,并自己来改进设备,这就是产生爆炸性革命性进步的秘方。

这么多年如此多发明和相反发明的结果是 目前的导弹和反导弹装置达到了一个很高的复杂度。这里并没有期望军备竞赛会比它刚开始时更成功。确实,如果导弹和反导弹系统保持同样的发展速度,我们能够预见最新的、最复杂的和最先进的版本与最初的、最简单的版本在抵御成功方面将会完全相同。同时代的敌对方,在设计上会有进步,但在成就方面却没有,因为军备竞赛双方都会在设计上取得进步。确实,这样是对的,因为军备竞赛双方取得同样的进步,在装备复杂性的设计上取得了很大的成功。如果有一边的反导弹干扰设备领先了对手很多的话,那么在这种情况下,另一边将会终止导弹的使用和生产 它已经“失效”。举一个起源于爱丽丝的矛盾的例子 红色皇后影响了他的军备竞赛的环境,导致了一些基本观念的巨大改进。

“不一致竞争”会导致比“一致性竞争”更多的进步,这一观点通过人类武器发展史被证明,我们现在能看到这是为什么。如果一个国家拥有 200 万吨级的炸弹,敌国将会发展 500 万吨级的炸弹;这会导致前面的国家生产出 1 000 万吨级的炸弹,又会导致后者生产 2 000 万吨级的炸弹等等。这是一个真正的军备竞赛:一方的每个进步都会导致对方也产生一个进步,结果是随着时间的流逝,某些属性得到了阶段性增长。在这里,某些属性指的是炸弹

的吨数。但是在一致性军备竞赛中,在设计方面双方并没有详细地相互了解对方,只是‘埋头苦干’。在一致性的军备竞赛中,没有‘网状’或‘结合’的设计细节。就如导弹和导弹防御系统一样。导弹防御系统被专门设计用来击败已经知道其细节的导弹,而导弹设计者则改进导弹的设计,为设计一种反对导弹防御系统的装置,设计者将针对对手上一代产品的功能来改进和设计自己的下一代产品。事实上,一方的设计者可能会剽窃另一方的想法,并仿效设计特性。但在不一致军备竞赛的情况下,对于一国的设计师来说,在一个系列的武器和对抗这些武器的武器之间,没必要设计和另一国的炸弹相同特性的炸弹。正是针锋相对，互相克制,超过‘成功的一代’,使武器日益精进和复杂。

现实世界也是如此,我们希望能找到复杂和先进的设计去解决这个漫长的、不一致的‘军备竞赛’。在这过程中,通过另一方同样的成功,领先的一方总会被追赶上。这是非常真实的捕食者与被捕食者之间的‘军备竞赛’,或更进一步说,是食客与‘食物’之间的竞赛,如怪异的电子与听觉武器(已在第二章讨论过)。正如我们期待的‘军备竞赛’终结产品那样,它们正变得很复杂。不奇怪的是,‘军备竞赛’的另一方也会如此,被蝙蝠捕食的昆虫具有相当复杂和先进的电子系统和声觉系统,一些昆虫甚至放出蝙蝠那样的声音,以至于可能将蝙蝠的声音掩盖掉。几乎所有的动物都存在着被吃或无法捕食的危险。当我们了解它们时,却仅仅能想起它们是长期残酷竞争中的产物。《动物保护色》这本经典书的作者 H. B. 库特在 1940 年提出了这个观点，这可能是第一次使用生物学的观点提出了类似竞争的理念：

在断言蝗虫或蝴蝶外面的保护色没必要细分前,我们首

> 先要确定是什么能力使昆虫的天敌能够辨认出它们。不这样做就如同没有了解敌人的武器特性和效率就断定敌人的战斗巡洋舰的装甲太重、炮的口径太大一样,丛林中的原始战争与文明世界的战争相差无几,我们可以看到"武器装备"取得了革命性的进步。其结果在防御方面表现为:加快速度,提高警觉,改良武器,长出可见刺,养成挖洞的习惯,昼伏夜出,放出有毒的体液、臭味,隐匿和其他保护色;在进攻方面表现为防御的对立面:即加快速度、突然袭击、伏击、诱捕、敏捷、利爪、利牙、刺、毒牙和诱饵。正如同被捕食者速度的提高会提高捕食者的速度,或者防御武器的升级会引发进攻武器的升级,藏匿仪器的完善会提升侦查仪器性能的提升。

研究人类科技中的军备竞赛要比研究生物进化容易,因为它们太快了。事实上,我们年复一年地看着军备竞赛进行着,而在生物进化中,我们最终只看到了进化的结果。正是有了死去动物和植物的化石,我们有时才可能更直接地看到生物进化的过程。其中最有趣的例子涉及"电子军备竞赛",即我们将介绍的动物化石中大脑的尺寸。

大脑本身不能变成化石,但头盖骨却可以。如果能仔细地研究存放大脑的洞穴——"脑箱",就能很好地解释大脑的尺寸。我所说的仔细的研究中,量仅是重要的一环,大型动物趋向有大的大脑,一部分是因为这些动物个头大,但这并不是意味着它们一定更聪明。大象的大脑比人大,如果我们承认相对于大象人类是更小的动物,我们却会得出这样的判断:我们比大象聪明。我们的大脑要更大。

相对于大象,人的大脑占身体的比例要大于大象,这从头盖骨的形状中已经得到了证实,这并不是物种的虚荣。假如大脑的任意部分都需要控制身体的某一部分,大的身体自然需要大一点的大脑。我们必须找到某种方法来计算什么样的大脑需要多大尺寸的身体，这样我们才能找出什么样的动物是使真正聪明的动物。这是用另一种方式说明我们需要精确的定义聪明的方法。关于算法,很多学者提出了自己的观点,但最权威的可能是亨利 · 杰瑞森(美国脑历史的权威)提出的脑形成商数,或 EQ。

EQ计算起来有些繁琐，它是把脑重量和体重的对数与主要的种群,如哺乳动物群的平均数比较,正如被人类精神学家所用的 IQ 要与整个人群的平均数相比。EQ 是与整个哺乳动物群相比,像 IQ100 指相对整个人群的平均数一样，EQ 是与同类哺乳动物的平均值相比。数学算法的细节并不重要,换句话说,给定一个物种—— 如犀牛或猫——的 EQ ,指的是对于所给动物的身体,动物的大脑比我们预期的大还是小。预期值的算法现在还被很多人怀疑。

事实上,人的 EQ 是 7 ,河马的是 0.3 。这可能并不意味着人要比河马聪明 23 倍！但是用 EQ作为衡量标准可能告诉我们动物大脑的计算能力，即控制身体需要的计算能力要在一个最低值之上。众多哺乳动物的 EQ 值变化很大。老鼠 EQ 大约 0.8 ,有些低于哺乳动物平均值 松鼠是 1.5 ,有些高,可能生活在树林中需要更多的计算能力来控制精确的跳跃,或是为了在断续的树枝迷宫中找到捷径 猴子远高于平均值 猿(尤其是人类)高得更多。在猴群中,有些猴子的 EQ 比其他猴子高。有趣的是，这与它们的生活方式有关系 吃昆虫和水果的猴子比吃树叶的猴子的大脑

尺寸更大。我们认为,吃树叶的动物比吃果子的动物不需要花费更多的计算能力去寻找食物,因为树叶在各个地方都很丰富,而找果子却相对费力,而捕捉昆虫的难度就更大。但看似真理的事情往往更复杂,因为其他变量,如新陈代谢速度可能更重要。在哺乳动物中，按照捕食习惯，食肉动物的 EQ 比食草动物的 EQ 高。读者可能要问为什么会这样,给出答案很难,但事实就是这样。

地球上现存的动物众多,杰瑞森要做的是重建灭绝的、仅存在化石的动物的 EQ。他必须通过制造脑箱内部的石膏模型来估算大脑的尺寸。这需要做大量的猜测和估算,误差也并不是大到无效的地步,毕竟用石膏模型的方法可以用现存的动物来检测精确性。我们假定头盖骨从现存生物中取下来,做成石膏模型,并仅从头盖骨进行大脑尺寸的估计,然后检测真正的大脑尺寸与估计数值的精确性。对现存生物头盖骨的分析增加了杰瑞森估计死亡已久的动物大脑尺寸的信心。他的结论是 首先,随着千万年时间的推移,大脑有着变大的趋势。在给定的时间里,食草动物的大脑比同一时期捕食它们的食肉动物要小 不久,食草动物的大脑要比早期食肉动物的大脑大 再不久,食肉动物的大脑又比早期食草动物的大。在动物化石中我们看到了一系列不断重复的进化竞赛。特别像人类的军备竞赛。因为大脑是食肉和食草动物现成的计算机。而电子计算机可能是当今人类武器科技中发展最快的因素。

“ 军备竞赛 ”有时会以一方的灭绝而停止,在这种情形下,存活的一方在某一方面的进化将停止。事实上,经济原因会导致‘ 军备竞赛 ’退化,经济压力甚至会使‘ 军备竞赛 ’最终停止,即使一方始

终领先也不会改变这种结果。以奔跑速度为例,猎豹和瞪羚都有速度上的极限,这是物理上的限定。但无论猎豹和瞪羚都达不到那个极限,它们都在与一个较低的极限进行抗争。我相信那是经济因素。提高速度并不便宜,它需要长腿骨、有力的肌肉、高容量的肺。任何需要提高速度的动物都有这些特点。但是它们必须“买”,它们用迅速上升的“价格”“买”到这些特点。这个价格就是经济学家所说的“机会成本”。机会成本被解释为为了得到某种东西而抛弃其他的东西的总和。你送孩子去读花钱的私立学校,那么机会成本就是你无法购买的东西:无法购买的汽车、无法购买的旅游。猎豹要长出更强的腿部肌肉所消耗的能量和物质就是猎豹付出的“价格”,例如可以用这些产出更多的奶来养育幼兽。

当然,没有任何证据说明猎豹在头脑里进行了成本计算。这是自然选择造成的自动改变,没有强健的腿部肌肉的猎豹可能跑得不快,但可以用这些资源产出更多的额外奶水喂养更多的幼兽,而更多的幼兽被这样的猎豹抚养,这些猎豹的基因可以将奔跑速度、奶水产量和其他累赘进行最优配备。在奶水产量和奔跑速度中什么样的优化是合理的,我们一无所知,可以肯定的是不同种族是不同的,并且同种族之间也会有波动。

这种平衡是不可避免的:当瞪羚和猎豹同时到达它们能承受的最大速度时,受内部经济制约,它们之间的竞赛将停止,而它们各自的经济停止点可能并不完全相对应。相对于捕食者花费在进攻武器上的物质,被捕食的动物可能会更多地花费在防御上。伊索寓言揭示了一个原因:兔子比狐狸跑得快是因为兔子是为了活命而狐狸是为了一顿晚餐而跑。在经济学中,这意味着改变食物来

源的捕食技能者比将所有资源都花费在捕食上的狐狸做得更好。另一方面,在兔子数量的问题上,经济优势的天平正朝那些拥有更强奔跑能力的兔子方向倾斜。结果就是:在两个物种的"军备竞赛"中,能够节省开支的一方就会在比赛中趋于领先。

我们无法证明"军备竞赛"的动态过程,因为它们不是在一个具体的时空中进行的,就像我们的时间不停地流失一样,我们现在看到的动物可以说是在过去的"军备竞赛"中产生的可以适应环境的物种。

概括这一段的大概意思:基因的选择不是根据它们自身的质量,而是根据周围环境进行的。基因环境的一个特别重要的因素就是其他基因的情况。那么,为什么其他基因是重要的因素呢?是因为其他基因也在根据环境不停地进化,这就产生了两种主要的结果:

第一,那些基因很容易与另一些在同一基因环境中寻找着组合的基因组成新的基因。这很特别,但不是独立的现象:同一个物种的基因经常相互共享自己的细胞,正是这样一组基因导致了进化的产生,而它们自己的组合方式也相应地改进。一个单独的基因群体就像一个相互协作的基因构成的大型交通工具或求生机器,作用是保存那些为了组合的基因的复本。它们积极合作是因为它们都是为了同一个目的:保存自己的同时建设整个群体,并且它们也构成了自然选择在环境因素中的重要部分,自然选择在那个环境中特别青睐能够合作的素质。

第二,环境也不是总有利于协作。在整个进化的地质时间中,基

因也会遇到抵抗组合的因素。这是真实存在于其他物种基因中的。不同物种的基因有时候不相容,因为它们无法和对方结成同伴。当一个被选中的基因在特定环境中与另一个被选中的基因相遇时,经常是形成"军备竞赛"而不是组合。每一次新的遗传进化的产生就选择了"军备竞赛"中的一方,比如食肉动物,而被食肉动物威胁的那个物种就会在选择时改变组合环境。这种方式的"军备竞赛"可以认为是进化的主要推动力,包括奔跑速度、飞行技巧、实力、敏锐的听力等等。这种"军备竞赛"不会永远存在,但暂时是稳定的。在将来的进化中,对于独立的动物来说,不靠群体的基因环境进化将越来越难。

本章是比较难理解的一章,但它又不得不被写进书里。如果缺少了这一章,我们就会产生一种错觉:自然选择只是一个破坏的过程,或者顶多是一个淘汰的过程。我们可以从两个方面看出物种间的亲缘关系。我们基本的假设是基因是自私的实体,只是为了它们的目标,即物种内的基因组合而工作。基因环境在基因组合中起到了很主要的作用,为基因组合创造了有利条件。这就是一大群细胞体可以得到进化的原因,它们连结在一起共同作用,朝着同一个目标发展。如果是单独的自我复制,那它们现在还在为了摆脱最原始的困境而努力。这就是为什么身体存在的原因。

身体进化之所以能作为一个整体并且有目的地进行,是因为同一物种的其他基因已经在周围的环境中提供了所需的基因。但是,不同物种的其他基因也已经在周围的环境中提供了余下所需的基因,因此又形成了"军备竞赛"。"军备竞赛"构成了另一个进化的动力,也就是我们认为的进步的、复杂的设计。"军备竞赛"让群体的细胞有了一种不稳固进而失去控制的感觉,它们一方面为

了未来而不断地盲目地进化着,另一方面又取得了让我们有些困惑的进步。下一章继续讨论另一个细节,那并不是为了引起争论而讨论的细节:Darmin 称之为"性择"。

第八章　性择：爆炸性进化

人的意识是一种由来已久的使用类推法进行推理的工具,我们会在完全不同的过程中不由自主地看到细微相似的含义。我曾经在巴拿马花了近一天的时间观察了两群食叶蚁打架,在我的脑海里，我不可抗拒地把这个蚁翼散落的战场与我在帕斯尚尔①看到的情景作比较。我几乎听到了枪声,闻到了战争的硝烟。在我的第一本书《自私的基因》出版后不久,我分别会见了两位教士,他们都曾对本书的观点和原罪的教条做出了相似的类推。达尔文用不同的方法把进化论的思想应用到那些经过无数代形态变化的现存物种上。他的继承者试图看到一切物种的进化,如宇宙变化形态的进化、人类文明发展'阶段'的进化、裙子长度样式的进化等。这样的类推有时非常有成效,但是这很容易使类推偏得很远,而且易受到空洞、毫无帮助、甚至完全是有害的类推的过分刺激。我已经习惯了收到一些垃圾邮件,并且知道这些毫无意义邮件的特色是过于热心的类推。

另一方面,科学上之所以出现一些最伟大的进步,是因为一些聪明的人在已经被理解的学科和另一些仍然难解的学科之间做出

①帕斯尚尔，位于比利时，接近德国，第一次世界大战的一次战役发生在这里。

推理。其方法在于打破了一方面不加选择的推理与另一方面对富有成效的类推之间的平衡。成功的科学家和疯狂的妄想家是通过他们的灵感加以区分的。我猜想,实际上,他们的区别与其说是注意类推的能力,还不如说是拒绝愚昧的类推和追求有用类推的能力。在科学进步与达尔文进化论之间还有另一个类推的事实,它可能是愚蠢的或是富有成效的(这当然不是最初的)。现在,让我开始与本章相关的要点。这就是我将着手的两个相互交织的类推,我认为它们很振奋人心,但如果不小心的话,它们也会很离谱 第一个是由'爆炸'统一起来的各种过程之间的类推 第二个是真正的达尔文进化论与被称为文明进化之间的类推。我认为这些类推可能是富有成效的—— 否则我就不会专门花一章的内容来讲述它们了。

爆炸的特性工程师们称之为'正反馈'。通过负反馈相对比,我们就能最好地理解正反馈。负反馈是大多数自动控制和调节的基础,它最著名的例子之一就是瓦特的蒸汽调节器。一个有用的发动机应该能以恒定的速度产生转动力,这种恒定的速度正好适合手工、磨坊、纺织、抽水等工作,或者无论做任何工作它都能适应。在瓦特以前,转速依赖于蒸汽压力,烧开汽锅,就能加速发动机。但它达不到磨坊或纺织机工作需要的稳定状态。瓦特发明的调节器是一个调节活塞蒸汽流的自动阀。

一个聪明的办法是使阀门与发动机产生的旋转运动联系起来,这样,发动机运转得越快,自动阀封闭的蒸汽就越多 当发动机转动缓慢时,阀门就打开了。因此,运转太慢的发动机就会开始加速,运转太快的发动机也会慢慢减速。调节器测量速度的这种精确方法非常简单但很有效,这个原则今天还在使用。铰链旋臂上的

两个球通过发动机驱动进行旋转,当发动机快速旋转时,铰链上的两个球通过离心力开始上升 当发动机旋转缓慢时,它们就悬挂下来。铰链旋臂直接连接着蒸汽节流阀,通过适当的调节,瓦特调节器能使蒸汽发动机以几乎恒定的速度运转。

瓦特调节器的基本原理是负反馈。发动机输出量(在这个例子中的旋转运动)被反馈到发动机(通过蒸汽阀)。反馈是负的,这是因为高输出量(球的高速旋转)对输入(蒸汽提供)有一个负作用;相反地,低输出量(球的缓慢旋转)推进了(蒸汽的)输入量,再次使现象颠倒过来。我介绍负反馈的观点仅仅是为了把它与正反馈相比较。让我们对瓦特调节器的蒸汽发动机做出一个重大变化 颠倒了离心机和蒸汽阀门之间的关系。现在,当球快速旋转的时候,阀门不是像瓦特调节器那样关掉它,而是开着 同样,当球缓慢旋转的时候,阀门不是增加蒸汽的流量,而是减少其流量。在正常情况下，开始慢下来的瓦特发动机会很快纠正这种趋势，然后又加速达到理想的速度。但是，我们改装的发动机恰恰相反。如果它开始减速,就使它的速度更慢,它很快地使自己慢下来直到停止 如果这个发动机突然稍微加速,这种趋势将不会像瓦特发动机中那样得到纠正,而是将会继续增加 反向调节器使速度稍微增加后，发动机就开始加速。当这个加速正向反馈出来,发动机的速度就增加得更多了,这种趋势一直持续到发动机崩溃,调速轮失控,或者没有了蒸汽压力,已经达到了最高速度。

当最初的瓦特调节器利用负反馈的时候,我们假设的改装调节器说明了正反馈的相反过程。正反馈过程具有不稳定的、失控的性质。稍微的早期混乱增加了,它们在不断旋转中失去控制,这在灾难中或者在其他过程中达到顶点。工程师们发现,把负反馈下

的各种过程和正反馈下的各种过程结合起来是富有成效的。这种类推是富有成效的,它不仅仅是因为一些含糊的定性感觉,而且是因为所有的过程共享一个基本的数学原理。一些生物学家把这种现象当作身体的温度控制和防止吃得过饱的身体饱和机理进行研究,他们发现,从工程师那里学习负反馈的原理很有帮助。工程师和生物体更多地利用负反馈系统，而不是正反馈系统。尽管如此，正反馈才是本章的主题。

当然,工程师和生物体利用负反馈比正反馈系统多的原因是接近最佳效果的调节是有用的,而没有作用的、不稳定的失控过程可能是非常危险的。在化学中,典型的正反馈过程是爆炸,我们通常使用' 爆炸性的 '这个词来描述任何失控过程。例如,我们可以形容某人是火爆脾气。我的一个教师是一位有修养的、谦恭的、文雅的人，但是他偶尔也会发脾气，这一点他自己也意识到了。当他在课堂里非常恼火时,开始时不说话,但是脸色表明他的内心里正在发生一些不寻常的事。然后,他开始用镇定、理智的语调说": 啊,亲爱的,我不能控制了！ 我要发脾气了！趴在桌子下面 我警告你们 我就要发火了 !'他的声音一直在升高,当声音达到极点时,他就会抓起能够得到的所有东西,书、木制黑板擦、纸镇、墨水瓶,突然用最大的力气、凶猛地、没目标地把它们猛扔出去,向那些曾经惹怒他的孩子打过去。然后,他的脾气逐渐平息下来。第二天他会非常和蔼地向孩子们道歉。他知道自己失去了控制，他亲眼目击了自己变成了正反馈圈的牺牲品。

正反馈不仅仅导致失控增加,它们还能导致失控减少。最近,我参加了牛津大学' 议会 '教职员大会的一次辩论会,主题是是否为某些人提供荣誉学位。不同寻常的是,这个决定是有争议的。投

票以后,在唱票的 15分钟内,到处都是那些等待结果的人发出的吵闹声。突然,这些交谈的声音奇怪地停止了,非常地安静。原因就是某种正反馈。它发生作用的情况如下 交谈的吵闹声,总是被限制在噪音水平的偶然波动中,包括上升和下降,这些我们通常没有注意到。这些偶然波动中的一个,朝着寂静的方向,偶尔比通常要稍微显著些,有些人注意到了它 由于每个人都在焦急地等待着宣布投票结果，那些听到偶尔噪音降低的人都抬起头,并停止了他们的谈话,这导致了整体噪音水平降低了一些 结果更多的人注意到了这一点,并开始停止了他们的谈话……正反馈开始了,并且快速地传播着,直到大厅里完全安静下来。然后，人们意识到这是一个错误的信号,随后人们大笑,吵闹声慢慢增加恢复到了它原来的水平。

最明显的、最惊人的正反馈是那些失控情况骤然增加的正反馈：核爆炸、教师发脾气、酒馆里的争吵、联合国里不断升级的恶言谩骂(读者应该注意我在本章开始时的警告)。正反馈在国际事务中的重要性将在行话‘ 不断升级 ’里得到绝对重视 当我们说中东是‘ 火药桶 ’时,以及当我们识别‘ 导火点 ’的时候。正反馈思想的一个著名表述是《马太福音》里的名言 那已经有的,要给他更多，让他丰富有余 而那没有的连他所有的一点点也要夺走。本章讲述的是进化中的正反馈。生物体的一些特征就好像它们是某种事情发生的最终产物，如爆炸，进化中正反馈促使的失控过程。上一章讲述的‘ 军备竞赛 ’就是一种温和方式的例子,但是真正贴切的例子是性广告中的器官。

当我还在上大学的时候,有人努力让我相信孔雀尾是一种普通的功能器官,就像牙齿和肾一样,是自然选择而形成的,目的不外乎

是区别其他鸟类的,明确地表明自己是这种鸟类的一员而不是其他的鸟类。但他们从来没有说服过我，我怀疑你也不能被说服。对我来说,孔雀尾是正反馈的明显商标。很明显,它是进化时代发生的某种无法控制的、不稳定爆炸的产物。因此,想一想达尔文的性选择理论,简单明确。而他最伟大的继承者费歇尔,经过一系列推理后,总结如下(记录在《自然选择的遗传理论》一书中)：

> 雄性翅膀的发展以及雌性动物的性偏好必须这样同时进行,而且只要这个过程并没有经过反向选择的检验,那么它将会以不断增加的速度发展。由于完全缺乏这样的检验,我们将很容易看到发展的速度与已经取得发展是成比例的,因此它将随着时间成指数增加，或等比级数增加。

费歇尔的特色在于他发现的'容易看出来'的东西直到半个世纪后才被他人完全理解。他并没有不厌其烦地表明他的主张：性吸引的鸟类的羽毛将以不断增加的速度进化。这花费了其他生物界学者近 50 年的时间来追赶，并最终用费歇尔在纸上或者在脑子里曾用过的数学观点进行推论，以证实这些观点。我要解释的是,在纯粹的非数学的文章中,年轻的美国数学生物学家拉赛尔·兰德已经证明了这些数学观念的现代形式。我不会像费歇尔那样悲观,他在 1930 年的书的序言中写到"我没有办法使这本书变得通俗易懂。"然而,用我自己第一本书的评论家的话来说"他提醒读者,他们必须穿上智力的跑鞋。"我自己理解这些难懂的观点也是很困难的。这里,尽管他反对,我还要感谢我的同事及以前的学生阿兰·格兰芬,他的智力丑闻在他们班是臭名远扬的,但是他甚至拥有更稀罕的能力摆脱这些,并想到以正确的

方法向他人解释这些事情。没有他的指导,我就不能写出本章的中间部分。这就是我为什么拒绝把致谢的话放到序言里的原因。

在我们着手研究这些困难的事情前,我必须回溯一下,谈谈性选择观点的由来。它开始就像查尔斯 • 达尔文谈论的其他问题一样。尽管达尔文把主要的精力用在研究适者生存和生存竞争上,但是他认为适者生存仅仅意味着结束。这个结束就是繁殖。一只野鸡可能活很长时间,但是如果它不会繁殖,它就不会传递它的特性。性选择促进了动物更好地进行繁殖,生存仅仅是繁殖战斗的一部分。在这场战斗的其他部分中,那些能够吸引异性的动物就能取得成功。达尔文认为,如果雄性野鸡、孔雀或者其他鸟类拥有了性魅力,它就会在死之前,把自己高质量的性魅力通过繁殖传递下去。他意识到,孔雀尾对于孔雀的生存来说是个障碍,但是他认为它带给雄性孔雀的性魅力远远大于这个障碍。由于达尔文喜欢它们与家养动物之间的类似之处,所以,他从美学的角度把它们和母鸡及家庭饲养的动物做了比较。我们可以从审美爱好上来把它和人们选择的电脑生物形态做比较。

达尔文仅仅接受了雌性观点。它们的存在是他性选择理论的一个原则,是一种假设,而不是一些能够得到正确解释的事情。在一定程度上,由于这个原因,他的性选择理论受到了人们的谴责,直到 1930 年费歇尔维护了他的理论为止。不幸的是,许多生物学家也忽视或者误解了费歇尔。朱利安 • 赫胥黎先生和其他人反对这种理论,因为他们认为,达尔文的雌性观点不是真正科学理论的理性基础。但是,费歇尔维护了达尔文的性选择理论,他把雌性动物的性偏好看做是自然选择的合法目的,如同雄性的尾巴一样。雌性动物的性偏好是雌性神经系统的展示行为,雌性神

经系统是在它的基因影响下发展的,因此它的特性受到过去数代动物选择的影响。由于其他人认为雄性展示特征是受到静态雌性偏好的影响，因此费歇尔从动态雌性偏好研究雄性展示特征。也许你已经能开始明白这是如何与爆炸正反馈的观点联系起来的。

当我们正在讨论这些困难的理论时,记住这个来自真实世界的特殊例子是一个很好的主意。我将用非洲长尾寡妇鸟的尾巴作为例子。任何性选择的装饰物都是这样,孔雀们用扇形的尾巴进行装饰,以避免普遍存在的孔雀(讨论性选择)。雄性长尾寡妇鸟全身微黑,带有橘红色侧翼,大小相当于英国麻雀,但在繁殖季节，它主要的尾巴羽毛能达到 18 英寸[①]长。人们经常可以看到它飞过非 洲草原,做出精彩的表演,旋转着,盘旋着,像拖着宣传彩旗的飞机一样。毫无疑问,它会在潮湿的天气里跌落在地上。那样长的尾巴,即使是在晴朗的天气里,也会成为飞翔的负担。我们很愿意解释长尾巴的进化，我们猜测这是个爆炸进化过程。因此,我们首先认为,祖先鸟是没有长尾巴的。它的尾巴大约 3 英寸长，相当于现代繁殖期雄性鸟尾巴长度的 1/6。我们所努力解释的进化使非洲鸟的尾巴长度增加了 6 倍。

当我们测量动物的几乎所有特性时，虽然一种动物品种中的大多数动物都非常接近于平均水平，但是总有一些个别动物超过了平均水平,而另外一些个别动物低于平均水平,这是一个不争的事实。我们确信，长尾寡妇鸟祖先的尾巴长度也存在着差异，有些鸟的尾巴比 3 英寸的平均长度要长一点，而另一些鸟的尾

① 1英寸=2.54 厘米——编者注。

巴要短一点。我们可以假设鸟的尾巴长度是由许多基因控制的,每个小小的努力都会增加一点,再加上饮食的努力和其他环境的变化，就构成了个体真正的尾巴长度。许多起作用的基因加在一起叫做多基因。我们自己的大多数尺寸，如身高和体重，都受到一些多基因的影响。我紧紧遵循的性选择的数学模式，也就是拉赛尔 · 兰德的数学模式，就是一种多基因模式。

现在我们必须把注意力转向雌性以及它们是如何选择雄性伴侣的。这似乎已引起性别歧视。实际上,有一些很好的理论可以解释这种现象(请看《自私的基因》),而且事实就是如此。一只现代雄性长尾寡妇鸟如果吸引了 6 只左右的雌性寡妇鸟。就意味着有的雄性鸟没有繁殖.反过来,这也意味着其他雌性鸟找到雄性鸟非常容易,它们处于慎重选择的地位。雄性鸟通过吸引雌性鸟来获得很多东西，而雌性通过吸引雄性鸟却不能获得什么东西，因为它无论如何都一定有需要的。

因此,我们接受了雌性鸟做出选择的这个假设后,下一步就要采取至关重要的步骤,这也是费歇尔用来挫败那些攻击达尔文的批评家的措施之一。我们不是简单地同意雌性鸟存在一些奇思怪想,我们把雌性鸟的性偏好看做是一个受遗传影响的变量,就像其他的变量一样。雌性的性偏好是一个定量变量,我们可以假设它是受多基因的控制,就像雄性尾巴长度一样。这些多基因可能作用于雌性鸟类大脑的许多部分,甚至于它的眼睛,以及作用于任何可能影响雌性鸟偏好的部位。毫无疑问,雌性鸟的性偏好考虑到了雄性的许多部分,如雄性侧翼的颜色、喙的形状,等等。但是我们恰恰感兴趣的是雄性尾巴长度的进化,我们还感兴趣的是雌性对不同长度的雄性尾巴的选择。我们能够用测量雄性尾巴

长度的单位——英寸来测量雌性的性偏好。多基因可能会导致一些雌性鸟喜欢超过平均长度的雄性尾巴,其他的一些雌性鸟喜欢短于平均长度的尾巴，另外一些鸟喜欢平均长度的尾巴。

现在,到了整个理论的核心部分。尽管雌性鸟偏好的基因仅仅在雌性行为中表现了它们自己，然而，它们在雄性鸟体内也存在。同样的道理,雄性尾巴长度也存在于雌性体内,无论它们在雌性体内是否表现出来。不能表现它们自己的基因观点不是一个很难懂的观点。如果一个男人有长阴茎的基因,他很可能把这些基因遗传给他的女儿或者儿子。他的儿子可能会表现出那些基因，而他的女儿当然不会,因为她根本就没有阴茎。但是,如果这个男人后来有了孙子和外孙,他女儿的儿子可能就像他儿子的儿子一样继承了他长阴茎的基因。基因可以存在于体内,但不表现出来。同样的,费歇尔和兰德假设,雄性鸟的体内携带着雌性偏好的基因,尽管这些基因仅仅在雌性鸟体内表现出来;而雌性鸟的体内也携带着雄性尾巴的基因,即使它们没有在雌性鸟体内表现出来。

假设我们有一个特殊的显微镜,它使我们能够看到鸟类的细胞内部，观察它的基因。我们选择一个尾巴超过平均长度的雄性鸟，研究它的细胞基因。首先，观察一下尾巴长度的基因。毫不奇怪,我们将发现它有长尾巴的基因;这很明显,因为它有长尾巴。现在来观察尾巴偏好的基因。我们从外部找不到线索,因为这样的基因仅仅在雌性体内才能表现出来。我们必须用显微镜来观察。我们会看到什么呢？我们会看到那些使雌性偏好长尾巴的基因;相反地,如果我们观察短尾巴的雄性鸟的体内,我们会发现使雌性鸟偏好短尾巴的基因。实际上，这就是这个理论的关键。

基本原理如下：

如果我是一只有长尾巴的雄性鸟，我的父亲差不多也有长尾巴。这就是一个普通的遗传性特征。但是,由于我母亲选择了我父亲为性伴侣,它就偏好长尾巴的雄性鸟。因此,如果我继承了父亲的长尾巴基因,那么我也很可能从母亲那里继承了偏好长尾巴的基因。由于同样的原因,如果你继承了短尾巴的基因,你就有机会也继承了使雌性鸟偏好短尾巴的基因。

我们可以遵循同样的原因来研究雌性。如果我是一只喜欢长尾巴雄性的雌性鸟,我的母亲很可能也偏爱长尾巴雄性鸟。我父亲也就很可能有长尾巴,因为我母亲选择了他。因此,如果我继承了偏爱长尾巴的基因,我也就很有机会继承长尾巴的基因,无论那些基因是否在我的雌性体内表现出来 如果我继承了偏爱短尾巴的基因,我也就有机会继承短尾巴的基因。总的来说,任何性别的个体都可能具有两种基因,一种是使雄性具有某种特征的基因,另一种是使雌性偏爱同种特征的基因,无论这种特征是什么。

因此,雄性特征的基因以及使雌性偏爱那种特征的基因,不会在群体中任意转移,但是这两种基因趋向于一起遗传。这种‘ 一体性 ’有一个不体面的技术名称,称作连锁不平衡,它与数学遗传学家的方程式共同起作用。这有一个奇怪的美妙结果,并不是实际的结果。如果费歇尔和兰德是正确的,结果就是孔雀和寡妇鸟的尾巴,以及许多其他性吸引的器官爆炸性进化。这些推论仅仅可以通过数学方法来证明,我们也可以努力用非数学的语言来获得数学论点的一些东西。我们仍需要‘ 智力的跑鞋 ”,尽管实际上爬山鞋是更好的类推。在争论中的每一个步骤都是足够简单的,但

是攀登理解的山峰还有很长的路要走,如果你错过了早期步骤的中的任何一步，你就很不幸地不能采取以后的步骤了。

到此为止，我们已经认识到了雌性鸟偏爱的全部范围的可能性，从那些偏好长尾巴雄性的雌性鸟到那些偏好短尾巴雄性的雌性鸟。但是如果我们实际上在一个特殊的种群里对雌性鸟进行测试,可能会发现大多数雌性鸟对雄性鸟的品位是相同的。我们可以用相同的单位——英寸来表示这个种群里雌性鸟的品位范围，就像我们用来表示雄性鸟尾巴长度范围的一样;我们可以用相同的单位—— 英寸来表示雌性鸟偏爱的范围。结果表明,雌性鸟的平均偏爱恰好与雄性尾巴的平均长度相同，都是 3 英寸。在这个例子中，雌性鸟的选择将不是改变雄性鸟尾巴长度的进化动力。或者结果也可能表明,雌性鸟的平均偏爱是超过实际存在的平均长度尾巴,是 4 英寸而不是 3 英寸。目前,悬而未决的问题是:为什么会有这样的差异?我们暂且放下这个问题,仅仅承认存在这个差异，我们再问下一个明显的问题：如果大多数雌性鸟喜欢 4 英寸长尾巴的雄性鸟,为什么大多数雄性鸟实际上只有 3 英寸长的尾巴？为什么这个种群的尾巴平均长度在性选择的影响下没有变为 4 英寸呢？在雌性鸟偏爱的平均尾巴长度与实际上的平均尾巴长度之间怎么会有一英寸的差异呢？

答案是雌性鸟品位是对雄性鸟尾巴长度的惟一选择。尾巴是飞行的一个重要的器官，尾巴太长或者太短都将会降低飞行的功能。此外,长尾巴要消耗更多的能量进行飞行,还要消耗更多的能量来使它处于领先地位。4 英寸长度尾巴的雄性鸟可能更好地吸引住雌性鸟，但是雄性鸟付出的代价是它们的飞行功能降低、更多的能量消耗,以及更容易被敌人攻击。我们可以用一句

谚语来表达这个推论:有一个功利性的理想尾巴长度,它不同于性选择的最佳效果，因为理想的尾巴长度要符合通常的使用原则,不仅仅是为了吸引雌性鸟。

我们是否应该希望雄性鸟尾巴的实际平均长度(也就是我们假设的例子中的 3 英寸)符合功利性的理想尾巴长度?不是,我们应该希望功利性的理想尾巴长度更短些,即两英寸。原因是尾巴的实际平均长度 3 英寸是倾向于使尾巴变短的实用性选择与倾向于使尾巴变长的性选择之间的折中结果。我们推测,如果不需要吸引雌性鸟,尾巴的平均长度将缩短到 2 英寸;如果不需要担心飞行功能和能量消耗，尾巴的平均长度将到达 4 英寸。实际的平均长度为 3 英寸就是一个折中。

那么，为什么雌性鸟更喜欢违背了功利性的理想尾巴。乍一看，这个观点似乎很愚蠢。如果注重外表的雌性鸟喜好超过良好设计标准长度的尾巴,它们将会养育出低劣设计的、功能低下的、飞行笨拙的儿女;而任何恰恰喜欢短尾巴的突变体雌性鸟,尤其是那些尾巴品位与功利性的理想尾巴恰巧一致的突变体雌性鸟,将会繁殖出有能力的、适合飞行的儿女,它们当然比那些注重外表的雌性鸟的儿女更优秀。但是这里还是有疑点。我的暗喻“形态”的含义是模糊的。突变体雌性鸟的儿女可能是出色的飞行家,但是它们可能不能吸引这个种群里大多数的雌性鸟,它们只能吸引少数的雌性鸟,一些藐视外表的雌性鸟。准确地说,少数的雌性鸟比大多数的雌性鸟更难找到，因为它们在地面上很少。在一个群体里,只有 1/6 的雄性鸟和幸运的雄性鸟才有一群雌性鸟相伴,能够吸引大多数的雌性鸟将有许多好处,这些好处能够大大超过能量和飞行效率的功利性消耗。

但是,即使这样,读者也许会抱怨,整个争论都是建立在随意的假设上,假设大多数雌性鸟更喜欢非功利性长度的尾巴。读者也将承认这一点,其他的一切事情也会随着变化。但是为什么多数雌性鸟的偏好处于首位？为什么大多数雌性鸟不是更喜欢比功利性的理想尾巴短一点的尾巴,或者恰好是与功利性的理想尾巴一样长的尾巴呢？为什么外表与实用性不一致呢？答案是所有的这些事情都有可能发生了,在许多种类中它可能发生了。我假设的雌性鸟更喜欢长尾巴的例子确实是随意的。但是,无论大多数雌性鸟的偏爱碰巧是什么,无论多么随意,大多数偏好都倾向于受到性选择的控制,甚至在某种条件下,这些偏好有所增加——言过其实的。这样,我的观点中缺乏数学证据的瑕疵变得真的引人注目。我可以让读者简单地接受这个说法,兰德的数学推理证实了以上的观点,并暂时搁下这个问题。这虽然可能是我明智做法,但是,我应该试试用文字解释一下。

争论的关键在于这个事实:我们早就建立了一种" 连锁不平衡 ",也就是特定长度尾巴的基因和偏好同样长度尾巴的对应基因的" 一体性 "。我们可以把" 一体性 "因素当作一种测量的数目。如果" 一体性 "因素很高,这就意味着关于尾巴长度的单个基因的知识使我们能够准确地预测他或她的偏好基因，反之亦然。相反，如果" 一体性 "因素很低,关于两者之一的单个基因的知识——偏好基因或尾巴长度基因——给我们只有一点点有关另一个基因的暗示。

影响" 一体性 "因素大小的事情是雌性偏好的度——不管它们是否被认为是有缺点的雄性鸟,不管雄性尾巴长度的变异物种被与环境因素相反的基因所控制,等等。作为所有因素的结果," 一体

性 ’因素——把尾巴长度基因和偏好尾巴长度的基因的绑在一起的紧密程度—— 非常强烈,我就们可以减少下面的结果。每次一个雄性鸟被选择,被选择的不仅仅是雄性鸟的尾巴长度基因,由于‘ 一体性 ’的联合,偏好长尾巴的基因也被选择了。意思是,让雌性鸟选择特别长尾巴雄性鸟的基因实际上是选择了它们自己的复制品。这是自我加强过程的主要组成部分 它有自谋生活的动力。开始在一个特定的方向进化后,这将趋向于在同一方向持续进化。

观察这个的另一种方法就是根据‘ 绿色胡子效应 ’。‘ 绿色胡子效应 ’是一个生物学学术上的笑话,它完全是假设出来的,但是它很有教育性。它起先是用来解释 W.D. 汉密尔顿近亲选择理论中的基本原理,我们在《自私的基因》里详细讨论这个理论。汉密尔顿是我在牛津大学的同事,他认为,自然选择偏爱那些对近亲表现出无私心的基因仅仅因为那些相同基因的复制品在它们近亲的体内也很有可能存在。‘ 绿色胡子效应 ’的假设一般也持相同的观点。近亲是基因在其他体内寻找自己复制品的惟一可能的方式。理论上,一个基因可以通过更多的直接方法找到基因的复制品。假设一个基因碰巧有以下两种效果(有两种或更多效果的基因是很普遍的)它使基因所有者有一个明显的标记,如绿色胡子,它同时也影响了它们的大脑,使它们对绿色胡子个体表现出无私心。绿色胡子的无私基因通过自然选择也趋向于偏爱那些对子孙或兄弟表现出无私心的基因。每次一个绿色胡子的个体帮助另一个,使这个有识别力的无私基因将偏爱它们自己的复制品,绿色胡子基因的传播将是自动的和不可避免的。

没有人真正相信,甚至我也不相信,‘ 绿色胡子效应 ’将会在自然

界中找到。基因通过比绿色胡子似乎更合理的标志来区分它们自己复制品。近亲只是这样的一个标志。“兄弟”或者实际中一些像在同一个巢穴孵化的鸟之类的东西,是一个统计标志。任何使单个鸟类对这样的标志表现出无私心的基因都有机会帮助它自己的复制品。汉密尔顿的近亲选择理论可以看做是‘绿色胡子效应’变得似乎合理的一种方法。顺便说一下,没有任何提示表明基因‘想’帮助它们的复制品。

近亲也能看做是使“绿色胡子效应”变得似乎合理的一种方法。费歇尔的性选择理论也可以用来解释上述问题。当一个种群的雌性鸟特别偏好雄性特征时,每个雄性的体内都将趋向于包含使雌性鸟偏好自己特征的基因复制品。如果一个雄性鸟从父亲继承了一条长尾巴,它也就有机会从母亲那里继承一些使它选择父亲长尾巴的基因 如果它有一条短尾巴,那么它也有机会拥有使雌性鸟偏爱短尾巴的基因。因此，当一个雌性鸟开始选择雄性时,无论它的偏好是什么,它都有机会在雄性中选择它们的复制品。它们用雄性尾巴的长度作为标签来选择自己的复制品,就像假设的绿色胡子基因使用绿色胡子作为标签一样。

如果这个种群里的一半雌性鸟都喜欢长尾巴的雄性鸟,另外的一半雌性鸟喜欢短尾巴的雄性鸟,那么雌性鸟选择的基因仍然是选择它们自己的复制品,但总体而言,就没有一种或者另一种尾巴类型的雄性鸟受宠的趋势了。这种群体可能倾向于分成两个派别——一个是长尾巴的、偏爱长尾巴的派别,另一个是短尾巴的、偏爱短尾巴的派别。但这种雌性鸟‘观点’的两种分离是一种不稳定的状态。在雌性鸟中,一种类型的偏爱会慢慢地比另一种偏爱增加,成为多数派,多数派在后代中会增加。这是因为被少数

派喜欢的雄性鸟更难找到伴侣,少数派的雌性鸟的儿子相应地也很难找到伴侣,因此少数的雌性鸟将会有较少的子孙。这样,少数派倾向于变得更少,多数派倾向于变得更多,我们从而也有了一个正反馈的方法 已经有的,要给他更多,让他丰富有余。当我们有了不稳定的平衡时,任意的开始都会自我加强的。就像当我们砍树干时,最初不能确定这棵树将向北方还是南方倾倒,在短暂的停止之后,一旦它开始向一个方向或者另一个方向倒下,就没有什么可以阻止它了。

更安全地系好我们的爬山靴子，我们准备在另一个峭壁上捶打。记住 雌性鸟的性选择把雄性鸟的尾巴拉向一个方向,而' 功利性的 '选择把它们拉向另一个方向(" 拉 '当然是指进化的意思),实际尾巴的平均长度是这两个拉力的折中。现在,让我们来认可叫做' 选择差异 '的量。这是一个种群里雄性鸟实际尾巴的平均长度与种群里雌性鸟喜欢的" 理想 " 尾巴的平均长度之间的差异。选择差异中使用的测量单位是随意的,就像华氏温标和摄氏温标也是随意的。像摄氏温标发现零点适合描述水的结冰点一样,我们应该知道适合描述性选择拉力与功利性选择平衡的零点。换句话说,选择差异的零点意味着进化变化停止了,因为这两个相反的选择力恰好互相抵消。

明显地,选择差异越大,雌性鸟用来抵消功利性自然选择拉力的进化' 拉力 '就越强。我们感兴趣的不是特殊时间的选择差异的绝对值,而是选择差异在下一代是如何变化的。选择差异的结果是尾巴变长了,同时(记住,选择长尾巴的基因与具有长尾巴的基因是相呼应的)雌性鸟理想的尾巴也变长了。在这种双重选择的一代后，尾巴的平均长度和偏爱的尾巴平均长度都变得更长了。

但是,哪一个增加得最多呢?这是用另一个方法来问在选择差异中将会发生什么。

选择差异可能是保持不变的(如果尾巴的平均长度与偏好的平均尾巴长度都以同样的数量增加了)。它可能变得更小(如果尾巴的平均长度比偏好的尾巴长度增加得更多),或者,最后它会变得更大(如果尾巴的平均长度增加了一些,但是偏好的平均尾巴长度增加得更多)。如果随着尾巴变得更长,选择差异变得更小了,尾巴长度将向着稳定平衡长度进化。但是,随着尾巴变得更长,选择差异变得更大了,下一代的选择差异理论上将以更快的速度增长。毫无疑问,这就是费歇尔在 1930 年以前考虑过的,尽管他的观点和出版的文字在当时没有得到的选择差异人们的完全理解。

首先,让我们看看这个随着子代的延续,选择差异变得更小的例子。它最终变得很小,直到雌性偏爱向一个方向的拉力恰恰被另一个方向的功利性选择的拉力平衡了为止。然后,进化的变化就停止了,这个系统据说处于一种平衡的状态。兰德所证明的有趣事情是,至少在一些条件下,这里不是只有一个平衡点,而是有许多。这里的平衡点不是一个而是许多 在一个方向的功利性选择拉力的力量,雌性偏爱的力量在达到平衡的方法中进化。

因此,如果随着后代的延续,选择差异倾向于变得更小,种群将在"最接近"平衡点的地方静止下来。在这里,拉向一个方向的功利性选择恰恰被拉向另一个方向的雌性选择差异拉力所抵消,雄性鸟的尾巴将保留这样的长度,不管它有多长。读者可能会认为,我们在这里用到了负反馈系统,但是这是一种不可思议的负反馈系统。如果远离了理想的'定点",你对它'感到不安",这将发生

什么事情呢？通过这个，你一直都能讲述一个负反馈系统。例如,如果通过打开窗户,你对房间的温度感到不适,通过打开加热器来弥补，自动调温器就会做出反应。

性选择系统是如何使人感到疑惑不解的?记住,我们在这里讨论的是进化时间表,因此,我们很难做实验——打开窗户等——并亲自观察结果。但是毫无疑问,在自然界,这个系统经常使人疑惑不解。例如,由于幸运或者不幸的事件,雄性的数量自发地、任意地波动。无论什么时候发生,假定我们讨论过的条件,功利性选择和性选择的结合物会使种群回到最接近平衡点的地方,这可能是与以前不同的平衡点,是沿着平衡点的更高或者更低的另一个点。因此,随着时间的流逝,种群会沿着这个平衡点的线上下波动。超过这条线就意味着尾巴变长了——理论上,长度是没有限制的;低于这条线就意味着尾巴变短了——理论上长度可以缩短为零点。

自动调温器的类推常常被用来解释平衡点的观点。我们可以发展这个类推来解释平衡线这个更难的问题。假如一个房间既有加热装置又有制冷装置,每个装置都有自己的自动调温器。两个自动调温器都是用来保持房间达到同样适合的温度，即华氏 70 度。如果温度低于 70 度,加热器就会自动打开,而制冷器也会自动关闭;如果温度超过了 70 度,制冷器就会自动打开,加热器则会自动关闭。寡妇鸟尾巴长度的类推不是温度(保持大约恒定的 70 度),而是电的总消耗率。关键是有许多不同的方法达到我们所希望的温度。通过两个装置的努力工作，加热器散发出热空气,制冷器全力消除热气,就能实现这个目的;或者通过加热器发出少量的热量,而制冷器相应地工作以中和它,来实现恒定温度；

或者通过两个装置都不工作,就能实现。明显地,从节约电费的角度看，后者是最理想的方法。但是只要能实现 70 度恒定温度的目标,哪种方法都会令人满意。我们有一条平衡点的线,而不仅仅是个点。根据这个系统是如何建立起来的详细情况,以及在系统里的延迟和其他使工程师全神贯注的事情,房间里电力消耗有可能沿着平衡点的线上下波动,而温度却保持不变。如果房间里的温度降低到了 70 度以下,它就会返回来,但是它没有必要返回到加热器和制冷器相同的工作速度,它可以沿着平衡线返回到一个不同的平衡点。

用真正的、实用的工程学术语来说,建立一个存在真正平衡线的房间是相当困难的。这条线实际上很可能‘崩溃于一个点’。拉赛尔·兰德关于性选择的平衡线的设想也是停留在假设之上的,这种假设在自然界里可能是不真实的。例如,他设想新物种突变有一个稳定的资源,设想雌性选择的行为是完全免费的。如果这个设想遭到破坏,平衡‘线’就会崩溃到一个平衡点。但是在一些例子中,到我们已经讨论过的例子为止,随着后代选择的延续,选择差异变得更小了；在其他条件下，选择差异可能变得更大了。

从我们讨论的问题开始需要一段时间,因此让我们提醒自己这意味着什么。我们有一个群体，在这里雄性经历着一些特征的进化,例如寡妇鸟尾巴长度这样的进化,在雌性偏爱的影响下,将使尾巴变得更长,而功利性选择则倾向于使尾巴变得更短。在鸟类尾巴变长的进化中存在动力,其原因是当雌性选择它‘喜欢’类型的雄性时,由于非随机的基因结合,选择适合的基因复制品使它做出了这样的选择。因此,在下一代中,不仅仅雄性倾向于有更长的尾巴,而且雌性也倾向于更喜欢长尾巴。一代又一代,这两

种逐渐增加的过程中的哪一种会有最高的速度，还不是很明显。到目前为止,我们认为,就每一代而言,尾巴长度的增加比偏好增长得更快。现在,我们来考虑一下另一种可能的例子:长尾巴偏好以一个更高的速度增长,比尾巴长度增长得快。换句话说,我们现在将讨论这个问题：选择差异随着后代的延续而变得更大了,而不是变小了。

这样,理论结果比以前更加奇异了。我们有的是正反馈,而不是负反馈。随着后代的延续,尾巴变长了,而雌性对长尾巴的渴望以更高的速度增加了。这就意味着,在理论上,尾巴将一直变得更长,并随着后代的延续,将以不断增加的速度变长。理论上,尾巴将不断变长,甚至可以达到 10 英里长。当然,实际上,游戏的规则在达到这些荒谬的长度以前就改变了,就像瓦特控制器下的蒸汽发动机不能真正不断加速而达到每秒一百万次旋转一样。尽管我们到最后必须对这个数学模式的结论打折扣,但是这种模式的结论在这个实际上似是而非的条件范围之上还是很有效的。

50 年以后，我们现在能够理解费歇尔的话是什么意思了。他坦率地断言:“我们将很容易看到发展的速度与已经取得的发展是成比例的,因此它将随着时间成指数增加,或等比级数增加。”他的基本原理与兰德的原理一样清晰,他说:“两个受到这样过程影响的特征,也就是雄性翅膀的发展和雌性动物的性偏好必须这样同时进行,而且只要这个过程并没有经过反向选择的检验,那么它将会以不断增加的速度发展。”

费歇尔和兰德都通过数学推理而达到相同的结论,这个事实并不意味着他们的理论是自然界发生事情的正确反映。剑桥大学遗

传学家彼得·奥唐纳德是性选择理论权威人士之一,正如他说的那样,兰德模式的失控特性‘组成’了它的最初假设,这样它就会在数学推理的另一端以一种令人厌烦的方式出现了。一些理论家,包括阿兰·格兰芬和 W.D. 汉密尔顿,更喜欢某种理论选择,这种由雌性作出的选择,从功利性的优生角度出发,对它的子孙产生有益的影响。他们一起研究的理论是雌性鸟的行为就像诊断医生,挑选那些最不容易受寄生虫影响的雄性鸟。根据汉密尔顿的独特理论,鲜亮的鸟类羽毛是雄性鸟突出显示它健康的方式。

寄生虫理论的重要性不要花费太长的时间就能完全解释清楚。简要地说,雌性选择的‘优生学’理论的问题通常如下所述 如果雌性真的能成功地选择具有最好基因的雄性,它们的成功在将来能使它们减少选择的范围 最后,如果只存在好的基因,这就没有了选择点了。寄生虫升级了这个理论目标。根据汉密尔顿的观点,其原因是寄生虫和寄主都在相互进行着永不停止的循环的“军备竞赛”反过来,这就意味着鸟类中任何一代的‘最好’的基因都与将来后代的最好基因不同。用来打败当代寄生虫的武器对下一代进化的寄生虫是不管用的。因此,总有一些雄性恰好比其他雄性鸟类有更好的身体来打败当代的寄生虫。这样,雌性鸟就能通过选择最健康的当代雄性鸟来使它们的子女受益。雌性后代能用的惟一的总体标准是兽医使用的指标—— 明亮的眼睛、光滑的羽毛,等等。只有真正健康的雄性鸟才能展现这些健康的征兆,因此性选择偏爱那些完全展示自己的雄性,甚至把它们夸大成了长尾巴,并以扇形散开。

尽管寄生虫理论可能是正确的,但是它偏离了我的‘爆炸’章节。

回到费歇尔和兰德的失控理论,现在我们所需要的是来自真正动物的证据。我们应该如何寻找这样的证据呢？我们应该使用什么方法呢？来自瑞典的学者莫尔特·安德森有一个很好的方法：他研究的鸟就是我在这里讨论理论观点所用的鸟—— 长尾巴的寡妇鸟,他在肯尼亚的自然环境中研究它。最近的技术突破使安德森的实验成为可能 超强力胶水。他的推论如下 如果雄性鸟实际的尾巴长度真的是功利性的理想尾巴长度与雌性真正需要的尾巴长度之间的折中,那么这应该有可能通过给雄性鸟一个特别长的尾巴而具有超级吸引力。这就是超强力胶水的作用所在。我将简要地描述一下安德森的实验,因为它是一个实验设计的好例子。

安德森捕捉到了 36 只寡妇鸟,并把它们分成了 9 组,每组 4 只。每组中的 4 只鸟都得到同等的待遇 第一只鸟(随机地仔细选择,以避免任何无意识的偏见）把它的长尾巴修剪为 14 厘米。修剪下来的部分用强力胶水黏到每个组第二只鸟的尾巴上。因此,第一只有了人工缩短的尾巴,第二只就有了人工加长的尾巴。作为比较,第三只鸟的尾巴没有被改变过。第四只鸟的尾巴也保留着相同的长度,但是它被改变过——它羽毛的末端都被剪断,然后再用胶水黏上。这似乎是一个毫无意义的实验,但是它却是一个很好地证明在设计实验时必须认真的例子。鸟的尾巴羽毛被改造过,或者说是它被人捕捉到并经过处理了,这些因素影响着鸟,而不是尾巴本身的实际变化影响着它。

这个想法是用来比较每只鸟都与本组中用不同方法处理过的同伴进行交配的情况。经过四种之一的方法处理过以后,每只雄性鸟都被允许居住在它自己领地里以前的住所里。在这里,它假定

已经恢复正常,吸引雌性进入自己领地,然后在那里交配、搭建巢穴、产卵。问题是,每组里的哪个成员最能成功地吸引雌性鸟呢？安德森并不是通过逐个观察雌性鸟,而是通过观察并计算每个雄性领地里含有卵子的巢穴数量来研究这个问题的。他发现,人工增长尾巴的雄性鸟吸引雌性鸟的数量大概是人工缩短尾巴的雄性鸟的 4 倍，那些尾巴是正常的自然长度的鸟处于中间位置。

结果是通过统计学分析的,以防从偶然情况中得出结论。其结论是 如果吸引雌性是惟一的标准,那么雄性尾巴将比它们实际的长度要长一些。换句话说,性选择在不断地朝着变长的方向拉尾巴(从进化的角度来说)。实际的尾巴比雌性偏好的要短,这个事实表明一定还有其他的选择压力使它们变短了。这就是“功利性”选择。大概那些具有特别长尾巴的雄性鸟要比具有一般长度尾巴的鸟更容易死。不幸的是,安德森没有时间继续研究那些他改造过的雄性鸟的后来命运。如果他研究过了,那么预言将是那些尾巴上被黏上羽毛的雄性鸟一般要比正常的鸟死得早,这可能是由于这样更容易被敌人攻击。另一方面,那些尾巴被人工缩短了的雄性鸟应该可能比正常的雄性鸟寿命长一些,这是因为正常的尾巴长度据推测是性选择和功利性选择的折中,大概那些被人工缩短尾巴的鸟更接近于功利性的理想状态，因此寿命应该更长。然而,所有这些结论里还有其他许多的推测。如果长尾巴主要的功利性缺陷转变为最初生长时的经济成本,而不是增加了它长大后死亡的危险,那些获得了额外长的尾巴的雄性鸟就相当于从安德森那里获得了免费的礼物，结果也不会死得特别早。

我已经写到雌性鸟的偏好似乎倾向于把尾巴和其他羽毛向着更长的方向拉。在理论上,就像我们早期所看到的一样,没有原因

可以解释为什么雌性鸟的偏好不是恰好向着相反的方向拉尾巴,例如朝着变短的方向拉尾巴,而是使尾巴变长。普通鷦鷯的尾巴短而硬,人们不禁会想它是否为了功利性目的而比' 应该 '的长度要短。雄性鷦鷯之间的竞争是激烈的,你可以从与它们个头不相称的宏亮歌声中猜测出来。这样的歌唱一定很耗费力气,雄性鷦鷯甚至可能一直唱到死。成功的雄性鷦鷯将在它们的领地里得到一只以上的雌性,就像寡妇鸟一样。在这样竞争的环境里,我们可以想像正反馈正在进行着。鷦鷯的短尾巴代表的是进化收缩中失控过程的最后结果吗？

先把鷦鷯放在一边,孔雀尾、寡妇鸟和天堂鸟,在它们华而不实的外表中,似乎像是大爆炸性、螺旋正反馈进化的最后结果。费歇尔和他现代的继承者向我们展示了这是如何发生的。这个观点本质上是与性选择联系在一起的呢,还是我们能在其他种类的进化中找到令人信服的类推呢？如果仅仅因为我们发生爆炸性的进化,特别是近几百年来人类大脑的迅速发展,这个问题就值得问。这已经表明了由于性选择,智力是性欲望的特点(或者是智力的形式,例如记住既长又复杂的典礼舞蹈)。但是这还可能是大脑的尺寸也是在不同选择的影响下形成的,与性选择类似而不是相同。我认为这有助于区别对性选择两种可能的类推,一个是无力的类推，一个是有力的类推。

无力的类推如下:任何一个进化步骤的最后结果都在为下一个进化步骤做准备,因而任何进化的过程都是潜在地前进的,但有时候是爆炸性的。我们已经在前一章里以' 军备竞赛 '的形式阐述了这个观点。捕食者设计的每个进化措施都加大被捕食者的压力,使被捕食者能更好地躲避捕食者 这反过来又给捕食者施加

了压力,使它们不断进步。这就有了一个不断提高的螺旋。正如我们所看到的，似乎捕食者与被捕食者都不具有更高的成功率，因为它们的敌人同时也在进步。但是,被捕食者和捕食者都不断地在提高自己的‘武器’。这就是性选择的无力类推。性选择的有力类推表明费歇尔和兰德理论的本质是与‘绿色胡子’相似的现象，因此雌性选择的基因自动地倾向于选择它们自己的复制品,这是一个自动倾向于爆炸的过程。除了雌性选择‘自己’以外,这种现象的例子还不清楚。

我认为,寻找性选择进化爆炸的类推的一个好地方是在人类文明的进化中。这是因为这样的选择是受到‘外表’或‘大多数赢’的影响。我开始本章时提出的警告再一次应该注意。如果我们对所使用文字很挑剔和正统的话,那么文明‘进化’根本不是真正的进化,但是在它们之间有足够的共同处来证明原则的比较。在做这个的时候,我们不必忽视这个区别。在回到爆炸螺旋的特殊问题以前，让我们先解决这些问题：

人们常常指出的是——实际上傻子都能看出来——许多事情的准进化都是关于人类历史的许多方面。如果你拿人类生命的特殊方面来做样品,例如你在定期的时间间隔里拿科学知识的状况做样品、音乐做样品、服装或者交通工具做样品,以一个世纪或者也许是一个10年为间隔,你就会发现一个趋势。如果我们有3个样品,时间段分别为A、B、C,时间段B的测量数量将处于时间A和C所测量数量的中间。尽管有一些例外，但是每个人都会通过这个趋势表现了人类文明的许多方面。无可否认的是,这些趋势的方向有时候是颠倒的(例如裙子的长度),但是这也是遗传进化的事实。

许多趋势,特别是与轻浮的外表相反的有效技术趋势被确定为进步。这是毫无疑问的,例如,周游世界的工具稳定地进步,没有颠倒,在过去的 200 年里,从马力发展到蒸汽动力工具,今天又发展到了超音波喷气飞机。我正在以中性的意思使用进步这个词。我的意思是说,每个人都不同意生活质量的提高是这些变化的结果。我个人也经常怀疑这一点。我的意思也不是否认大众观点,即当大规模生产代替了熟练工人,工艺水平就已经下降了。但是,单纯地从交通的观点观察交通工具,历史的趋势就是在向着某种进步发展,不存在争论,即使它仅仅是速度的提高。同样,在 10 年或者几年后,高音质的扩音设备质量有着不可否认的巨大进步,即使你有时候也会认为,如果这个世界从来没有发明扩音器,这个世界将更加美好。这不是品位改变了。这是一个可测量的客观事实,复制品的保真度现在已经比 1950 年时要好多了,而 1950年时比 1920年到时候要好 现代电视机的图像质量无疑也比以前的电视要好,当然,娱乐转播的质量并不是这样的。战争武器的质量表现出不断提高的趋势——随着时间的推移,它们能以更快的速度杀死更多的人。在这里的意义不是进步。

毫无疑问,随着时间的推移,在有限的技术中事情变得越来越好。但是这仅仅在有用事情上才是真正明显的,例如飞机和电脑。人类生活的许多其他方面表明没有这些趋势的真正趋势,用明确的意思来说,就是进步。很清楚地,语言表明了这个趋势,它们有分歧,在它们出现分歧后,几个世纪过去了,它们变得越来越彼此难以理解。太平洋的许多岛屿为研究语言的进化提供了美丽的工作室。不同岛屿的语言很明确地彼此类似,它们的区别能通过文字的数量来准确地测量,这种测量很类似于分子分类测量法,我们将会在第十章讨论。用许多外来词测量出来的语言区别,和以

英里为单位的岛屿之间的距离构成了一个图表,结果是图表上的点形成的一个曲线,它的数学形式告诉我们一些关于从一个岛屿到另一个岛屿扩散率的东西。词汇通过小船进行传播,词汇在岛屿之间的传播时间是与岛屿之间的距离成比例的。在任何一个岛屿上,词汇都是以稳定的速度变化着,与基因偶然变异是同样的。任何岛屿,如果是完全独立的,将会随着时间的推移而表现出一些语言的进化,因此与其他岛屿的语言有一些区别。与那些彼此相离很远的岛屿相比,通过小船,明显地在彼此接近的岛屿间有较高的语言流通率。与那些离得较远的岛屿的语言相比,他们的语言也具有较近的共同祖先。这些现象解释了临近岛屿与远隔岛屿之间类似之处的模式,这种现象与在加拉帕哥斯群岛的不同岛屿上的雀类的一个事实非常相似,这些事实最初启发了查尔斯·达尔文。鸟类身体里的岛屿距离的基因就像小船里岛屿距离的词汇一样。

然后，语言就进化了。尽管现代英语是从乔叟英语中发展起来的,但是我认为,许多人不会主张现代英语是在乔叟英语的基础上提高的。当我们谈论语言时,提高质量的观点不会经常地进入我们的脑子里。实际上,在某种程度上,我们经常把语言变化看成是退化或衰落。我们倾向于把早期的用法看成是正确的,把现在的变化看成是误用。但是我们仍然发现了进化似的趋势在纯粹抽象的、非价值的意义上是进步的。我们甚至能在不断升级的形式里(或者从另一个方向来观察它,即退化)发现正反馈的迹象。例如,"明星"这个词被用来表示一个非常出名的电影演员。后来，它就退化为表示任何在电影中扮演了主要角色的普通演员。因此,为了重新获得非常出名的原始意义,这个词必须上升为"超级明星"。后来,电影公司开始使用"超级明星"来代表演

员,许多人从来没有听说过这个词,后来它又进一步上升为' 巨星 '。现在许多宣传的' 巨星 ',至少我以前是没有听说过,也许我们应该期待着另一个进化。我们很快就会听到' 超星 '了吗 ?相似的正反馈已经降低了' 厨师 '这个词的流通。当然,它来自法语 chef de cuisine ,意思是厨房的领导或首领。这是牛津词典里给出的意思。按照定义,每个厨房里只能有一个厨师。但是,也许为了表示他们的尊严,普通的(男性)厨师,甚至低级的汉堡包工人,都开始把自己称为' 厨师 '。结果是现在赘述的短语' 主厨 '常常被听到。

如果这是一个性选择的类推,那么它最好仅仅存在于我所称之为" 无力的意义 '中。现在让我直接跳到我能想到的最近的道路上来进行' 有力 '类推 到' 流行音乐唱片 '的世界里。如果你听到流行音乐爱好者的讨论,或者打开广播电台的流行音乐节目,你就会发现一个非常奇怪的事情。尽管艺术批判的其他流派都在风格或者表演技巧上,在情绪、情感的冲击上,以及艺术形式的品质和特性上背离了一些原始的特征,但是' 流行 '音乐亚文化几乎完全注重于流行本身。十分清楚的是,关于唱片的重要事情不是它听起来像什么,而是有多少人购买它。全部亚文化被称之为唱片前 20 位排名榜,或前 40 位排名榜的唱片订购数量所缠住,这个排名榜仅仅根据销售数量而定。关于唱片真正的问题在于前 20 位排名榜。当你想到它的时候,这是一个独一无二的事实。如果我们考虑到费歇尔的失控进化理论,这将是一个非常有趣的事实。电台音乐节目主持人很少提到唱片目前的排名,同时也没有告诉我们在以前几周里的排名情况,这可能也是有意义的,因为这就允许听众去不仅仅评定唱片目前的流行度,而且可以评定其流行度变化的速度和方向。

似乎许多人都愿意买其他人都购买的唱片,或者喜欢这样做。一个明显的证据来自于以下的事实 据说唱片公司已经派人到一些主要的商店里去大量购买自己公司的唱片,以便把销售量推动到他们可以‘ 离开 ’的数量。这做起来并不像听起来那么困难,因为排名前 20 位是根据来自唱片销售店反馈回来的销售量而定的。如果你知道这些主要的唱片销售店是哪些,你就不必从他们那里购买许多磁带,也能对全国销售量产生重要的影响。当然,也有一些主要的唱片销售店的职员被人贿赂的故事。

在一个次要的程度上,同样的流行现象一般在图书出版、女士服装和广告世界里也是很有名的。一名广告商谈论产品的最好的事情就是说它是同类产品中最畅销的。最畅销图书的列表每周都出版,只要一个图书销售量出现在这些列表上,它的销售量就会增加得更多。这里的类推是原子弹。只要你在一个地方不要放太多的铀-235 ,那么它就是稳定的。这里有临界物质,一旦超量了,它就会发生连锁反应或者出现失控过程,并带来破坏性的结果。一个原子弹有两块铀 235,都比临界物质小。当原子弹引爆时,两块铀聚合在一起,临界物质超过,这就会导致一座中型城市的毁灭。当图书的销售达到临界时,数量达到一个点,销售率突然变得比临界物质达到之前大了许多,在出现不可避免的最大销售量并开始下降之前,有可能出现一段销售量成指数增加的时期。

潜在的现象不难理解。基本上，我们已经有了更多正反馈的例子。图书甚至唱片的真正质量在决定它的销售中是不可忽视的,然而,无论正反馈潜伏在哪里,这里一定有一个强有力的偶然因素决定着哪些图书或者唱片将获得成功而哪些将失败。如果临

界物质在任何成功的故事里是很重要的因素,那么一定有很多幸运,也一定有许多值得人们操作和开发的地方。例如,我们值得花费大量的钱来促销图书或者唱片，以便使它达到一个临界点。因为你其后不需要再花费那么多的钱来促销它 正反馈将接任这个任务,并为你做宣传工作。

根据费歇尔和兰德的理论，这里的正反馈与那些性选择有些相似,但是也有区别。喜欢长尾巴孔雀的雌孔雀受宠,仅仅是因为其他雌性也有相同的偏好,而雄性特征是随意的和不相关的。在这方面,那些想得到排名前 20位的特殊唱片的音乐爱好者的行为就像雌孔雀一样。但是,正反馈在两个例子里起作用的具体机制是不同的。我认为,这使我们回到了本章开始的地方,提示类推应该就是那么些，不能再更多一点。

第九章　渐变还是突变

据《出埃及记》记载,以色列的众子各带家眷,花了 40 年的时间才穿越西奈山沙漠迁徙到希望之乡。那是大约 200 英里的距离。因此,他们的平均速度大约是每天 24 码,或者每小时 1 码 如果我们考虑到夜晚要休息的话，那么就是每小时 3 码。无论我们如何计算,我们都会谈及到这个可笑的缓慢速度,它比众所周知的蜗牛速度还要慢许多(根据《吉尼斯世界记录》记载,蜗牛速度的世界记录是难以置信的每小时 55码)。当然,没有人真正相信。很显然,以色列人是凭一时高兴才旅行的,也许在一个地点扎营很长一段时间,然后才继续前进 也许他们中的多数人并不十分清楚他们将向着哪个特定的方向迁徙,他们从一个绿洲到另一个绿洲迂回前进,就像游牧的牧民常常做的一样。我需要再次重复的是，没有人真正相信平均速度会一直保持不变的。

现在想像一下两位善于雄辩的年轻历史学家突然出现。他们告诉我们，迄今为止，圣经的历史受到渐进主义思想学派的支配。我们了解到，渐进主义者历史学家完全相信以色列人每天行走 24 码,他们每天早晨叠起帐篷,向着东北方向缓慢行 24码,又扎营歇息。渐进论的惟一选择就是动力学的新时段论者历史学派。根据激进的年轻时段论者的理论,以色列人在停滞中耗费了大部

分时间,根本没有前进而是在扎营,常常在一个地方要呆几年。然后,他们稍微快一些地向新营地前进,再在那里停留几年。他们向着希望之乡的前进,不是渐进的、连续的,而是停停走走 很长一段时间的停留之后,他们快速地行进。而且,他们的前进不总是朝着希望之乡的方向,而是几乎朝着随意的方向。只有当我们从宏观迁徙的角度事后观察的时候,我们才看到朝着希望之乡前进的趋势。

这就是时段论者圣经历史学家的口才，他们因而成为媒体的素材,成为大众传播新闻杂志的封面人物。只有采访了至少一个主要的时段论者,关于圣经历史的电视纪录片才是完整的。那些不知道圣经其他知识的人只记得一个事实 在时段论者出现前的黑暗日子里,其他每个人都搞错了。请注意,时段论者的新闻价值与他们可能正确的事实没有关系。它与以下的推测密切相关 早期的权威人士都是渐进主义者,他们都搞错了。这是因为时段论者是以改革者的面貌出现的，而不是因为他们是正确的。

当然,我关于时段论者圣经历史学家的故事不是真实的。这是一个寓言,它是在生物进化学科的学生中进行的所谓争论。在某些方面,这是一个不公正的寓言,但是它不是完全不公正的,它有足够的事实证明本章开始部分的论点的正确性。在那些进化生物学家中有一个众人所知的思想学派,他们的倡议者称自己为时段论者，他们确实为他们大多数有影响力的祖辈创造了这个术语——渐进主义者。他们在那些几乎不了解进化的公众里,有着非常高的知名度，这主要是因为他们的地位更多地是由记者代表的,而不是他们自己,这与以前进化论者的地位完全不同,尤其是查尔斯 ·达尔文。到目前为止，我的圣经类推都是公正的。

类推不公正的方面是,在圣经历史学家的故事中,渐进主义者明显地不存在的假想对手，它是时段论者编造的。在进化渐进主义者的例子中,他们不存在假想对手,这个事实不是十分地明显。它需要得到论证。这可能解释了达尔文和许多其他进化论者的话,它变得很重要,它使人认识到渐进主义者这个词能以不同的方式解释来表示不同的事情。实际上,我要发展渐进主义者个词的解释,从这个意义上说,每个人都是渐进主义者。在进化的例子里,演化生物学不像以色列人的寓言,而是潜在着真正的论战。但是,真正的论战只在很少的细节,并不需要所有的媒体大肆宣传。

在进化论者中,时段论者原本来自于古生物学。古生物学是研究化石的,它是生物学一个非常重要的分支,因为地球上大多数物种的祖先在很久以前就已经都死了,化石为我们提供了研究远古时代动物和植物惟一的直接证据。如果想知道我们的祖先是什么样子,那么化石是我们主要的希望。只要人们认识到了化石真正是什么——以前的思想学派认为,它们是魔鬼的创造,或者是在洪水中溺死的可怜罪人的骸骨——任何的进化理论都必须有关于化石记录的某种期望,这变得很清楚了。但是,关于那些期望确切是什么还存在一些讨论，这就是时段论谈论的部分问题。

我们很幸运能有化石。地质学上一个幸运的明显事实是,在动物腐烂以前,它们的骨头、外壳和其他坚硬的部分偶尔能留下一个印记,以后它就成为模具,可以在坚硬的岩石刻画出动物形状的永久记忆。我们不知道,在动物死后,有多少部分会变成化石——我个人认为能变成化石是一种荣耀——但是实际上只有非常小的部分能够成为化石。然而,无论变成化石的部分多么小,任何

进化论者都认为关于化石记录的某些事情是真实的。例如,我们会非常惊奇地发现,在哺乳动物进化以前,在历史记录中就已经出现了化石人。如果核实无误的哺乳动物头骨是在 5 亿年历史的岩石中被发现,我们整个现代的进化理论将被彻底摧毁了。顺便提一下,这是对创造宇宙论者和新闻工作者散布的以下谣言的充分回答 整个现代进化理论都是‘ 不能被证明为假的 ’的赘述。具有讽刺意味的是,它也是创造论者为什么如此关注德克萨斯州的恐龙床上伪造人类脚印的原因,它们是在萧条时期被用来欺骗旅行者的。

总之,如果我们按照顺序排列真正的化石,从最古老的到最新的,进化论就会发现一些有序的顺序而不是杂乱无章的混乱。本章中有关于此观点更多的论述。不同的进化论,例如渐进论和时段论,可能期望看到不同的模式。如果我们有一些测定化石年龄的方法,或者至少知道它们的形成顺序,这样的期望就能得到证实。测定化石年龄的问题和这些问题的解决方法，都有一点脱离主题,但这是读者关注的几个问题之一,这也是本章主题需要进行解释的。

我们很早就已经知道如何按照化石埋藏的顺序来排列它们了。方法是‘ 埋藏 ’时期固有的意思。较近的化石明显地埋藏在更古老化石的上面,而不是它们的下面,因此它们在岩石的沉积物中也是处于上面的。偶尔的火山爆发会使大块的岩石翻转过来,当然,当我们向下挖掘的时候,我们在其中发现化石的顺序颠倒了,但是只有它们发生的时候才明显可见。即使我们在一个地区向下挖掘,我们也很少能找到完整的历史记录,但是从不同地区相互重叠的部分可以拼凑出一个很好的记录(实际上,尽管我使用

了“挖掘”这个词,古生物学家却很少真正向地层下面挖掘,他们更多的是研究不同深度的地层中被腐蚀而暴露出来的化石)。在他们知道如何确定几百万年前的化石年龄以前,古生物学家已经勾画出了可靠的地质时代的图表,他们详细地了解到地质时代的前后顺序。某种外壳就是岩石年龄的可靠指标,它们属于被石油勘探者所使用的主要指标中的一个。然而,它们可以告诉我们的仅仅是岩石层相对的年龄，而不是它们的绝对年龄。

最近,物理学的进步为我们提供了测定几百万年前岩石和化石绝对年龄的方法。这些方法是依据以下的事实而定的 特殊的放射性元素是以特定的已知速度衰变的。这就像精密设计的微型秒表被埋藏在岩石里一样,每个秒表都从它被埋藏的那一刻开始计时。古生物学家必须要做的事是把它挖掘出来，读出表上的时间。不同种的放射性的地质秒表以不同的速度前进。“放射性碳秒表”以很快的速度运转，在几千年后，它的发条几乎要断了，“表”不再能用了。这对测定考古学和历史学上的时间表里的有机物质年龄是有帮助的。在这里我们处理的是几百年或者几千年的历史，但是这对处理几百万年的进化时间表帮助不大。

其他的“表”,如钾-氩表,对进化时间表来说是适合的。“钾-氩表”走得慢,它就适合测定考古学和历史学的时间表。人们喜欢使用钟表上的时针来测定百米赛跑的时间。另一方面,一些东西,如“钾-氩表”，恰好是我们测定马拉松式的进化所需要的。其他一些放射性“秒表”,都具有自己特有的减缓速度,它们是“铷-锶秒表”和“铀-钍-铅秒表”。因此,如果古生物学家发现了一个化石，他通常可以知道在几百万年的绝对时间表上这个动物生活时期。记住,我们把开始进入测定年代和时间的讨论放在第一位,因为

我们对各种各样的进化论的化石记录的期望感兴趣，如时段论者、渐进主义者等。现在就是讨论那些各种各样期望的时候了。

首先,想像一下,自然界对古生物学家是格外地友好(或者也许是不友好,当你考虑到所涉及到的额外工作时),并且已经为他们提供了所生存过的动物化石。如果我们能实际观察这样的一个按年代顺序排列的完整化石记录,进化论者应该期待看到什么?如果我们是渐进主义者,从以色列寓言的讽刺意义上说,我们应该期待着下列事情:化石的年代次序将表明以适当的变化速度平稳地进化的趋势。换句话说,如果我们有 3 个化石,A、B、C,A 是 B 的祖先,B 是 C 的祖先,我们应该希望 B 在形式上是 A和 C 的中间物。例如,如果 A 的腿长为 20 英寸,C 的腿长为 40 英寸,B 的腿应该处于中间，他们的腿的实际长度应该与 A 和 B 的存在时间成比例。

如果我们从渐进主义的讽刺画得出逻辑结论,就像我们计算出以色列人每天的平均速度是 24 码一样,我们就能计算出从 A 到 C 的进化线上的腿增长的平均速度。如果说，A 比 C早了两千万年(使它适合真实情况,最早的马类——始祖马生活在 5 千万年前,它只有小猎犬一般的大小),那么我们认为,腿长的进化速度为每两千万年 20 英寸,或者每年为百万分之一英寸。现在,渐进主义者可能会认为,腿在以这个非常低的速度稳定地生长:如果我们假设马的寿命为 4 年,那么每一代马腿增长 400 万分之一英寸。渐进主义者可能会认为,通过几百万代的进化,那些比平均腿长度长四百万分之一英寸的马比那些平均腿长的马具有更多的优势。相信这个就像相信以色列人每天在沙漠中行走 24 码一样。

同样地,众所周知最快的进化变化也是正确的,人类的大脑是从体积为 500 立方厘米的南猿祖先大脑进化为平均体积为 1 400 立方厘米左右的智人大脑。大脑体积增长了 900 立方厘米左右,几乎是南猿大脑体积的 3 倍,这个进化是在不到 300 万年的时间内完成的。按照进化标准来说,这是一个快速的进化速度 ;大脑似乎像气球一样膨胀的。实际上,从某种角度来说,现代人的头骨相对于扁平的南猿头骨而言更像一个球形气球。但是如果我们把 300 万年的历代数量加起来(大约每世纪 4 代),进化的平均速度比每代百分之一立方厘米的速度还要慢一些。渐进主义者可能认为,一代又一代的进化,是一个缓慢的、不可动摇的变化,在所有子代中,他们比父代的大脑稍微大一些,大约大 0.01 立方厘米。据推测,与前代相比,额外的 1%立方厘米可以为每个下代提供重要的生存优势。

但是,与我们在现代人类中发现的大脑尺寸范围相比,1%立方厘米是很小的数量。这是一个经常被引用的例子 :作家阿纳托尔 · 法朗士——不是一个傻子,而是一位诺贝尔奖获得者——大脑尺寸不到 1 000 立方厘米,另一方面,我们也有 2 000 立方厘米的大脑 ;奥利弗 · 克伦威尔常常作为一个例子被引用,虽然我不知道其真实性。每代 0.01 立方厘米的平均增加量,就是渐进主义者用来提供重要生存优势的,它仅仅是法朗士与克伦威尔大脑之间差异的十万分之一 ;很幸运的是,这种渐进主义者并不是真正存在的。

如果这种渐进主义者是不存在的,有没有一些真正存在的和拥有站得住脚的论点的其他渐进主义者呢?我的回答是有的。在第二个意义上,这些渐进主义者包括所有明智的进化论者,当你仔

细观察他们的论点,他们把自己叫做时段论者。但是我们必须理解为什么时段论者认为他们的观点是革命性的和令人兴奋的。讨论这些事情的出发点是化石记录中明显存在的“差距”。现在,我们来研究这些差距。

从达尔文起的进化论者已经认识到,如果我们把所有的化石按照顺序排列起来，它们就不能形成几乎无法察觉的变化的平稳序列。当然，我们可以观察到进化的长期趋势——腿日益变长了、头骨日益变得更加像球形了,等等——但是像在化石记录中的趋势一样,这个趋势是停停动动的,是不平稳的。达尔文和大多数其他追随者都认为,这主要是因为化石记录是不完整的。达尔文的观点是,如果我们有完整的化石记录的话,它显示的是温和的而不是急动的变化。但是,既然化石的作用是这样一个不确实的事情,并且发现这样的化石简直就是不确实的,我们就好像错过了一部电影的大部分画面。当然,当我们上映化石电影时,我们可以观察这种运动,但是它比查理·卓别林更加不平稳,因为甚至最古老、最凌乱的查理·卓别林电影也没有完全丢失 9/10 的画面。

当美国的古生物学家奈尔斯·埃尔德雷德和史蒂芬·杰·古尔德在 1972 年第一次提出他们的突现论或者叫做间断平衡学说时，他们从一开始就把它作为一个非常不同的建议。他们提出，化石记录可能不是像他们想像的那样不足,也许‘间断’似乎是实际所发生事情的真实反映,而不是不完全化石记录恼人的却又是不可避免的结果。他们认为,也许进化确实在某种意义上是突然出现的,并且在一个特定血统内没有发生进化变化时,其长时期“停滞不前”。

在我们着手开始研究他们说的突然出现的新物种前,这里有他们所不知道的一些‘ 突然出现 ’的令人信服的含义。我们必须了解这些含义,因为它们曾经是一系列误解的主要原因。当然,埃尔德雷德和古尔德也同意,一些非常重要的间断真正是由于化石记录不完整性造成的。非常大的缝隙也是这样的。例如岩石的寒武纪层,形成于大约 6 亿年前，是我们发现大多数无脊椎动物群中最古老的化石。我们发现它们中的许多已经处于进化的高级阶段，它们出现在非常早的年代里。这就好像它们是种植在那里,没有任何进化的历史。不必说,新植物的突然出现使创造宇宙论者高兴万分。然而,所有的进化论者都认为,这真正代表了化石记录中非常大的间断,这个间断仅仅是归因于一个事实 由于一些原因,很少有化石从大约 6 亿年以前保留了下来。一个很好的原因可能是这些动物只有身体的柔软部分,没有贝壳或者骨骼,因而无法形成化石。如果你是一位创造宇宙论者,你可能会认为这是特殊的辩护。我这里的观点是,当我们谈论这个不完整性的间断时,时段论者和渐进主义者的解释没有不同之处。两个思想学派都看不起所谓科学的创造宇宙论者,他们都同意主要的间断是真实的,这些间断是化石记录中真正的不完整性。这两大思想学派都认为,寒武纪时代这么多复杂动物种类的突然出现的惟一解释是神创论。但他们两者又都反对这个解释。

在另一个可能的意义上，进化可能被说成是进入了突然的不平稳,但是这也不是由埃尔德雷德和古尔德所提出的,至少在他们大部分的著作中没有提到过。在化石记录中,一些明显的‘ 间断 ”确实反映了某一代的突然变化,这是可以想像的。可能没有任何中间物,巨大的进化变化突然发生在某一代。儿子可能生来就与父亲不同,以至于与父亲属于完全不同的种类。他(它)可能是一

个新物种,这个突变非常大,我们把它叫做大突变。基于大突变的进化论被叫做突变论,突变在拉丁语就是' 跳跃 '的意思。既然突现论常常和真正的突变论相混淆，那么我们在这里讨论突变，以及表明为什么它不能是进化中的重要因素，这是非常重要的。

大突变—— 影响力很大的突变—— 无疑会发生。我们正在讨论的不是它们会不会发生,而是它们在进化中起什么作用。换句话说,它们加入了一种新物种在基因库里,或者,相反地,它们总是被自然选择所淘汰。大突变的一个著名例子是果蝇中' 无触角苍蝇 "。在一个正常昆虫里,触角与腿有一些共同之处,它们在胚胎阶段以相似的方式发育。但是区别还是显著的,两种肢体的用途非常不同 腿用来走路,触角用来触摸、闻以及感觉其他事情。但是无触角苍蝇是一种畸形的动物,它的触角和腿发展很相似,或者说,它们是一种没有触角而有一双额外的腿的苍蝇,这双额外的腿就是从应该是触角的地方长出来的。这是一个真正的突变，因为它来自一个 DNA 复制的错误。如果无触角苍蝇是实验室里的宠儿,它们就能生存很长时间并足以繁殖。可它们在野生条件下不会生存很长时间,因为它们运动笨拙,至关重要的器官被削弱了。

这样，大突变确实发生了。但是它们在进化中起着什么作用呢？突变论者认为,大突变是一种方法,通过它,进化的重要跳跃就可以在一代中发生。我们在第四章提到的理查德 · 高尔密是一个真正的突变论者。如果突变论是真实的,化石记录中明显的' 间断 '就根本不是间断。例如,突变论者可能认为,从南方古猿转变为智人的巨大基因突变阶段是在单独的一代中发生的。两种种类在形式上的不同可能要比正常苍蝇与无触角的果蝇之间的区

别要小一些。理论上,第一个智人被认为是一个畸形孩子—— 可能是个被抛弃的、被迫害的人——他是两个正常的南方古猿父母所生的孩子。

有一些很好的原因来反驳所有这样的突变进化论。一个有点无聊的原因是,如果新物种真的在单一的突变阶段中出现,那么新物种的成员找性伴侣可能很困难。但是我发现,这个原因没有其他两个原因那么有显著和有趣。这些观点中的第一个是由伟大的统计学家和生物学家 R. A. 费歇尔提出的,我们在前几章里的其他问题中提到过他。费歇尔是突变论所有形式的坚定反对者,当突变论比它的今天更加流行时,他就使用了下面的类推。他说,想一想显微镜,它几乎但不是十分完美、清晰,并且很容易校准不清楚的影像。如果我们对显微镜的状态做出一些随意的变化(符合这个突变),我们能提高影像的焦点和总体质量吗?费歇尔说:

> 十分明显的是,任何大的错乱都不大可能性提高校准,但是当调整远远少于最小的"刻度"时,应当会使改进的机会接近一半。

我已经谈到,费歇尔所发现的"容易看到的"事情非常需要普通科学家的精神力量,同样的,费歇尔的想法也"非常明显"。然而,进一步的认知几乎总是表明他是正确的,在这个例子中,我们不难证明这一点。记住,我们假设显微镜在开始之前都是调好焦距的,假设镜头比它应该的正确焦点要稍微低一些,据说 1/10 英寸离幻灯片太近了。现在,如果我们把它向任意方向移动一点,假设为 1%英寸,焦距会提高吗?如果我们恰好把它调低 1%英寸,

焦点会变得差一点；如果我们恰好把它调高 1%英寸，焦点会变得好一点。由于我们把它向任意方向移动，这两种可能性的机会各占 50%。关于起始误差，调整运动越小，提高机会就越接近 50%。这完善了费歇尔观点的第二部分。

但是，现在假设我们把显微镜调焦移远一些——相当于大突变——也是向任意的方向，假设我们把它移动了整整一英寸。现在，无论我们向哪个方向移动它，向上或者向下，我们仍然会把焦点变得比以前更差。如果我们恰好把它向下移动，现在它比理想的位置偏离了 1.1 英寸(可能已经压过了幻灯片)如果我们恰好把它向上移动，现在它比理想位置偏离了 0.9 英寸。在移动之前，它比理想为止仅仅偏离 0.1 英寸，无论哪个方向，我们的“大突变”移动都是一件坏事情。我们已经计算了大移动(大突变)和小移动(小突变)，我们也可以明显地对移动的中间尺寸的范围做出相同的计算，但是我们没有必要这么做。我真的认为，现在十分明显的是，我们移动得越小，我们接近 1/2 机会的极点就越近，我们移动得越大，我们接近零极点就越近。

读者将会注意到这个论点基于最初的假设，在我们开始做出任意调整以前，显微镜已经非常接近焦点。如果显微镜开始距离焦点 2 英寸，那么 1 英寸的任意变化有 50%的提高几率，就好像前文所述 1%英寸的任意变化。在这个例子中，“大突变”好像能使显微镜更快地接近焦点。当然，费歇尔的论点在这里将应用“巨变”，也就是说向任意方向移动 6 英寸。

为什么费歇尔做出他最初的假设，在开始调整之前显微镜已经对准了焦点？这个假设来自显微镜在类推中的作用。任意调整后

的显微镜代表了突变异种的动物,任意调整前的显微镜代表了正常的、没有突变的假定将产生突变动物的父母。由于是父母,它们必须有足够长生存时间来繁殖,因此必须做出很好的调整。由于相同的象征,在做出任意的调整以前,显微镜也不能远离焦点,否则在类推中显微镜所代表的动物就不能生存。这仅仅是一个类推,我们没有必要争辩' 那么长 '指的是 1 英寸或者 0.1 英寸还是 0.01 英寸。重要的一点是,如果我们考虑到数量日益增加的大突变,这就会产生另一个要点 大突变越大,它的优势就越小。如果我们考虑到数量不断减少的大突变,那么就又有一个要点,大突变优势的机会为 50%。

大突变,如无触角果蝇,是否能够带来优势(或者至少能避免害处),它们是否能够引起进化变化,从而可以显示' 巨大 '突变是如何产生的,这些事情就是我们所考虑的东西。大突变越大,它的危害性就越大,就越不可能加入物种的进化中。实际上,遗传学实验室研究的所有突变—— 它们都是大突变,否则遗传学家也不会注意到它们—— 对动物非常有害(有讽刺意味的是,我遇到一些人,他们认为这是一种反对达尔文进化论的观点)。费歇尔的显微镜观点为怀疑主义的突变进化论提供了一个原因。

不相信真正突变进化论的其他原因也是一个统计学因素,它的力量也取决于我们假定的大突变在数量上有多大。在这个例子里,它与进化变化的复杂性有关。我们感兴趣的进化变化中的许多,虽然不是全部,在设计复杂性方面都取得进步。在前几章里讨论过的眼睛的极端例子很清楚地阐述了这个观点。具有我们这样眼睛的动物是从根本没有眼睛的祖先那里进化而来的。一位极端的突变论者假设,进化是在单一的突变阶段里发生的。父母根

本没有眼睛,眼睛可能存在的地方只有赤裸裸的皮肤。他有一个畸形的子孙,子孙有一双完全发展的眼睛,拥有可变的透镜聚焦,“缩小光圈”的虹彩光圈,有着几百万个三色光电池的视网膜,所有这些东西以及与大脑里连接起来的神经,为他提供了正确的、双眼并用的、立体感的色彩景象。

在生物形态模式中,我们认为,这种多维的进化是不可能发生的。为了扼要重述为什么这是一个合理的假设,我们不是从一个进步而是许多进步中创造一双眼睛。这些进步中的任何单独一个都是很不可能的,但是不是非常不可能以至于不会发生,而是同时发生进步的数量越大,它们同时发生的不可能性就越大。它们同时发生的事情等同于跨越生物形态的一大段距离,恰好落在一个特殊的、预先定好的点上。如果我们选择非常大量的进步,它们同时发生就变得很不可能,所有的意图和目的都不可能了。这个论点已经被充分地做出了。但是,找出这两个假定大突变之间的差别是很有帮助的,这两者似乎都被复杂性论点排除了,事实上,只有一个真正被复杂性论点排除了。我把它们分类,一个叫‘波音 747 大突变”,一个叫‘拉伸的 DC8 大突变”,因为这将使它们将变得更清晰。

“波音 747 大突变”是真正被复杂性论点排除的。它们的名字来自于英国天文学家弗雷德·霍伊尔先生对自然选择理论的误解。在所谓的不可能性里,他把自然选择比喻成一场飓风恰好聚集成了波音 747。正如我们在第一章里所看到的,在应用自然选择方面,这是一个完全错误的类推。但是,对于引发了进化变化的某种巨大突变的观点来说,这是一个非常好的类推。实际上,霍伊尔的根本错误是他认为(没有认识到)自然选择理论取决于大突

变。单一的大突变产生了具有神奇特性的眼睛,而以前只有裸露的皮肤,这个观点实际上就像聚集成波音 747 的飓风一样是不可能的。这就是为什么我把这种假设的大突变叫做'波音 747 大突变'的原因。

"拉伸的 DC8 大突变'是一种突变,尽管它们的效果数量可能很大，但在复杂性方面就不是很大。拉伸的 DC8 是由改造过的早期客机,即 DC8制造的,它很像 DC8,但是具有拉伸的机身。从某种角度来说,至少这是一个进步,因为它能够比原先的DC8 客机容纳更多的乘客。这种拉伸是长度的增加,在这种意义上,它与大突变有相似之处。更有趣的是,乍一看,长度的增加是很复杂的。为了拉长客机的机身,仅仅增加机舱长度是不够的,你还必须增长无数的输送管、电缆、空气管和电线,你必须安装更多的座位、烟灰缸、灯、12 频道的音乐选择器和新鲜空气喷管。似乎拉伸的 DC8 客机比普通的 DC8客机更加复杂，但是这是真的吗?答案是否定的,至少在一定程度上,在拉伸的飞机里的'新"事物只是'更多相同的东西"。第三章里的生物形态常常表现出拉伸的 DC8 客机多样性的大突变。

这与真正的动物突变有什么关系呢？答案是一些真正的突变引发了很大的变化，这些变化非常像从普通 DC8 到拉伸的 DC8 的变化。尽管有些变化是一种'巨大'突变的意义,但是其中一些变化已经在进化中明确地提及了。例如,所有的蛇比它们的祖先有更多的椎骨。尽管我们没有任何化石,但是我们还可以确信这一点,因为蛇比它们现存的亲缘动物有更多的椎骨。而且,不同种类的蛇有着不同数量的椎骨，这意味着从它们共同祖先的进化中，椎骨数量一定发生了变化。

现在,为了改变动物椎骨的数量,你需要做的不仅仅是增加额外的骨头。每一块椎骨都连接着一系列神经、血管和肌肉,等等,就像客机里每排座位都有一套垫子、一套头托、一套头戴耳机、一套带有相关电缆的阅读灯,等等。蛇身体的中间部分,就像客机机身的中间部分一样,都由大量的片段组成,无论它们单独是多么复杂,许多都彼此非常相像。因此,为了增加新的部分,必须做的是简单的复制过程。既然已经存在了,制造蛇的组成部分的遗传组织——非常复杂的遗传组织,需要经过数代逐步的、渐进的进化才能形成——新的同样部分很容易通过单一的突变步骤来增加。如果我们把基因当做是'发展胚胎的指令",那么增加额外部分的基因可以简单地认为是'更多相同的东西"。我认为,这与建立第一个拉伸的 DC8 客机的指令有些相似。

我们可以确信,在蛇的进化过程中,椎骨的数量是整体变化的,而不是部分变化的。我们不能想像有 26.3 个椎骨的蛇,它只能或者有 26 个或者有 27 个椎骨,很明显的,一定有这样的例子,后代蛇至少比它的父母多一个完整的椎骨。这意味着它有一个完整的额外的神经、血管、肌肉块,等等。在这个意义上,这个蛇是大突变,但是这仅仅是从不稳固的'拉伸的 DC8"的意义上来说的。人们很容易相信一些比父母多 6 个椎骨的个体蛇能在单一的突变步骤中出现。反对突变进化论的'复杂性论点'不适用于'拉伸的DC8'巨大突变,因为如果我们详细地观察谈及到的变化特性,它们在真正意义上根本不是真正的大突变。如果我们观察一下完成的'产品",它们仅仅是巨大突变 如果我们观察胚胎发育过程,它们只是一个微小的突变,在这个意义上,在胚胎指令中小的变化就会对长大以后产生巨大影响。果蝇中无触角苍蝇和其他"同源复合变异体'也是这样的。

这决定了我对大突变和突变进化论的偏离。这是必要的,因为突现论常常与突变进化论相混淆。这是题外话,因为突现论是本章的主题,这个理论实际上与大突变以及真正的跳跃前进没有任何联系。

埃尔德雷德和古尔德与其他的时段论者正在讨论的' 间断 '与真正的突变没有任何关系,它们比使创造宇宙论者兴奋的那些间断要小得多。而且,埃尔德雷德和古尔德最初发展他们的理论,不是与平常的' 传统的 '达尔文主义格格不入,而是遵循了长期以来被接受的、传统的、被正确理解的达尔文主义。为了获得这个正确的理解,我想,我们需要再一次离题。这次我们将讨论新物种是如何起源的问题，这个过程叫做 " 物种的形成 " 。

在一般意义上,达尔文对物种起源问题的回答是,物种是由其他的物种转变而来的。而且,生命系谱是有分支的,这就意味着不止一个现代物种可以追溯到一个共同祖先。例如,狮子和老虎现在是不同物种的成员，但是它们都是起源于一个单一的祖先物种,可能就在不久前发生的。这个祖先物种可能与两个现代物种中的一个相同,或者它还有第三个现代物种,或者它现在已经灭绝了。同样的,人类和黑猩猩很清楚地属于不同的物种,但是他们几百万年以前的祖先属于同一个物种。物种的形成是这样的一个过程,在这个过程中,一个单一的物种变成两个物种,它们中的一个可能与最初的单一物种相同。

物种的形成被认为是一个困难问题的原因就在于此。单一的、想要成为祖先物种的所有成员能够彼此之间异种交配。实际上,对许多人来说,这就是' 单一物种 '的含义。因此,每次一个新的雌

性物种开始“生育”的时候,生育的过程就处于异种交配失败的危险中。我们可以想像狮子的祖先和老虎的祖先没有成功地分离开,因为它们彼此之间互相交配,所以它们仍然彼此相似。顺便提一下,不要过分曲解我使用的词语,例如“失败的”,好像在某种意义上,祖先狮子和祖先老虎“想”彼此分离。实际上,物种在进化上彼此出现了明显的分歧,乍看上去,异种交配的事实使我们很难看到这个分歧是如何出现的。

几乎确定的是,这个问题正确的答案是明显的 如果祖先狮子和祖先老虎恰好处于世界上的不同地方,在那里它们不可能彼此互相交配,也就不存在异种交配的问题了。当然,它们不会为了使彼此分离而进入不同的大洲,因为它们没有把自己当作祖先狮子或祖先老虎 如果单一的祖先物种进入不同的大洲,例如非洲和亚洲,那么恰好进入非洲的那些物种就不再与那些恰好进入亚洲的物种进行异种交配了,它们从来不会遇到对方。如果在两个大洲的动物向不同方向进化的趋势也受到自然选择或者机会的影响,异种交配将不再成为它们分离并最终变成两个不同物种的障碍。

我已经谈到了不同的大洲,以使问题变得更清楚些。但是,地理分离的原则作为异种交配的障碍可以应用于沙漠、山脉、河流、或者甚至高速公路不同方向上的动物,也可以应用于那些被纯粹的距离所分开的动物。西班牙的地鼠不能与蒙古的地鼠进行异种交配。即使异种交配的地鼠之间有一条完整的链条连接着西班牙和蒙古,但是按照进化的观点,它们可以与蒙古的地鼠相分离。然而,如果我们从实际自然障碍方面来考虑,例如海洋或者山脉,那么地理分离是物种形成的关键这个观点会更清楚些。岛群实

际上可能是新物种富饶的孕育场所。

这里就是我们正统的新达尔文主义对一种特殊物种是如何通过祖先物种的分歧‘起源的’的描述。我们从祖先物种开始，大量的、非常相同的、相互异种交配的动物遍布了广袤的大陆块。它们可能是某种动物。但是让我们继续想一想地鼠。大陆块被山脉分成两部分，地鼠不可能穿越它，但这也不是绝对不可能的，偶尔一只或者两只死在另一面的低地。它们在这里可以繁衍，它们可以产生这个物种的边远群体，与主要群体分割开来。现在，两个群体分别繁殖，在山脉的每一面混合它们的基因，但不穿越山脉。随着时间的流逝，一个群体基因成分的变化通过群体里的繁殖而传播开来，而不是穿过山脉到达另一个群体。有些变化可能是由自然选择引起的，而且山脉两面的自然选择可能有所不同，我们很难期望山脉两面的气候条件、捕食者和寄生虫恰好相同。有些变化可能完全取决于某种机会。无论基因变化是什么引起的，繁殖倾向于在各个群体中传播，而不是在两个群体之间传播。这两个群体在遗传上出现分歧 它们逐渐变得更加不像对方，即群体间的差异越来越大。

它们变得彼此很不相像。因此，不久以后，自然主义者把它们看成属于不同的‘亚种’。更长一段时间以后，它们的分歧就更大了，以至于我们会把它们分成不同的物种。现在想像一下，气候变暖，这样穿越山脉的旅行就变得更容易，一些新物种开始返回它们祖先的环境里。当它们遇到了它们失散很久的表兄弟的儿孙时，它们的遗传结构非常不同，以至于它们相互之间不能再成功地进行异种交配了。如果它们彼此杂交，结果是子孙就会体弱多病，或者像骡子一样不能生育。自然选择不会对山脉两面的动

物有任何偏袒,如果它们与其他物种,甚至是亚种杂交,它们也将得到惩罚。这样,自然选择完成了‘ 生殖隔离 ’的过程。这开始是通过山脉的阻隔而完成的。‘ 物种的形成 ’完成,我们现在有了两个物种，而以前只有一个物种。这两个物种能在同一个地方共存，但彼此之间不能进行异种杂交。

实际上,这两个物种很可能不能共存很长时间。这不是因为它们会进行异种杂交,而是因为它们会相互竞争。一个被广泛接受的生态学原理是两个具有相同生活方式的物种不会在同一个地方共存很长时间,因为它们将相互竞争,一个或者另一个将被赶尽杀绝。当然,我们两个地鼠群体不再有相同的生活方式,例如新物种在山脉另一面处于进化阶段,它们可能开始成为不同种类的昆虫的捕食者。但是,如果在两个群体之间存在重大的竞争,大多数生态学家认为，在交叠地区的一个或者另一个物种将会灭绝。如果恰好是最初的祖先物种灭绝了,我们就说它被异地移入的新物种所代替了。

由最初的地理分歧而产生新物种的理论长期以来都是主流的、正统的新达尔文主义的基础，它就像新物种开始出现的主要过程(一些人认为还有其他的)一样在各个方面都被接受了。它并入现代达尔文主义主要是由于美国著名的动物学家厄内斯特・梅厄的影响。当他们第一次提出自己的理论时,时段论者所做的是问自己 如果像大多数新达尔文主义一样,我们接受了物种形成开始于地理隔绝的正统理论,那么,我们应该期望在化石记录中看到什么呢 ?

回忆一下我们假设的地鼠群体。它们在山脉很远的一面分离出

一个新物种地鼠,最后它们回到了祖先的环境中,很可能,它们会使祖先物种灭绝。我们假设一下,这些地鼠留下了化石,而且化石记录很完整,没有间断。我们应该期望这些化石展示给我们什么呢?它们能从祖先物种平稳转变为子孙物种吗?当然不能,至少如果我们在最初的祖先地鼠生存和新物种返回的重要大陆块挖掘的话,我们就知道了。想一想在主要大陆块上实际发生的历史。这里有祖先地鼠群体,它们快乐地生活着、繁衍着,没有特殊的原因需要做出变化。诚然,在山脉另一面的它们的表兄弟们正忙着进化,但是它们的化石都在山脉的另一面,这样我们就不能在我们挖掘的主要大陆块上发现这些化石。突然(指地理学标准上的突然),新物种返回了,与主要的物种进行竞争,并且可能取代了主要物种。当我们进入主要大陆块的地层时,我们发现的化石突然变化了。以前,它们是所有祖先物种的化石,可现在,突然地,没有明显的转变过程,新物种的化石出现了,旧物种的化石消失了。

如果我们认真地接受了正统的新达尔文的关于物种形成的理论,这个“间断”不但不是令人烦恼的不完整性或者一种难处理的阻碍,而且还成为我们积极期盼的东西。从祖先物种转变到后代物种出现得这么突然和急剧的原因仅仅是——当我们从一个地方观察一系列化石的时候,可能根本没有看到进化事件,我们正在看的是迁移事件,从另一个地理位置而来的新物种。当然,这里有进化事件,一个物种也许渐进地、真正地从另一个物种进化了。但是为了看到化石中的进化过渡,我们就必须挖掘另外的地方——在这个例子里,就是山脉的另一面。

埃尔德雷德和古尔德的观点恰好能帮助达尔文和其继承者解决

了似乎是难以处理的困难。事实上,至少部分上,它只是个代表——最初的。达尔文主义一直被化石记录中明显的间断所困扰,似乎经常被迫对不完整的证据做出特别的辩护。达尔文自己曾经写到:

> 地理记录非常不完全,这个事实将在很大程度上解释为什么我们不能找到那些无限的种类,这些种类通过最好的渐进步骤把所有灭绝的和现存的生活方式连接起来。那些反对这些地理记录特性观点的人也将反对我的全部理论。

埃尔德雷德和古尔德使这个成为他们主要的信息 不要担心达尔文,如果你只在一个地方挖掘,即使化石记录是完整的,你也不要期望看到完好的、渐进的进步,因为大多数进化变化是在另外一些地方发生的!他们还进一步说明:

> 当你说到化石记录不完整时,你是理解了它。它不仅是不完整的,而且只有当它变得有趣时,只有当进化变化发生时,我们才有很好的理由来期望它非常不完整。这是部分因为进化通常发生在不同的地方,从这里我们发现了大多数化石。这是部分因为,即使我们足够幸运地在大多数进化变化都发生的一个小的偏僻的地方挖掘,但是进化变化(虽然仍然是渐进的)发生在一个很短的时间里,我们应该有额外充足的化石记录来追踪它!

但是不是这样,他们没有这样选择,特别是在他们后期的著作里,他们非常急切地出售他们激进地反对达尔文主义和反对新达尔文主义的观点。他们强调达尔文进化论的渐进主义反对了他们

自己提出的突然的、急剧的、偶发性的时段论。他们甚至，尤其是古尔德，在他们自己与灾变说和突变论的古老学派之间看到了类似之处。我们已经讨论过了突变论。灾变说出现在 18 世纪和 19 世纪，它试图使创造宇宙说的一些形式和化石记录不完整的事实保持一致。灾变论者认为，化石记录显著的发展真实反映了一系列不连续的创造，每一个化石记录都被大规模的灾变所中断了。最近的一个大灾难是诺亚洪水。

现代时段论与灾变说或者突变论之间的比较具有纯粹诗歌的力量。如果我杜撰了一个似是而非的论点，那么它们就非常肤浅。从艺术文学的角度来说，它们听起来很感人，但是它们对严肃的理解却毫无帮助，它们在成功地搅乱美国教育和教科书出版方面，能够为现代的创造宇宙论者提供虚假的帮助和安慰。事实是，在最完全、最严肃的意义上，埃尔德雷德和古尔德真的就像一些渐进主义者如达尔文或者他的追随者一样，他们把所有的渐进变化浓缩为突然出现，而不是一直进行着 他们强调，大多数渐进的变化是在远离大多数化石被挖掘出来的地方的地理位置进行的。

因此，时段论者并不是真正反对达尔文的渐进主义 渐进主义意味着每一代都与其前一代存在稍微的区别，你必须作为一个突变论者来反对它，而埃尔德雷德和古尔德不是突变论者。这就证明了他们和其他时段论者所反对的达尔文在进化速度恒久不变中的观点。他们反对它，因为他们认为进化（仍然不可否认地是渐进的进化）在相对短暂的进化活动中快速发生（物种形成事件提供了一种危机氛围，在这里，进化变化的正常阻力被打破了）进化在长期的停滞阶段发生得很慢或者根本不发生。当我们说‘ 相

对’短暂进化时,我们的意思当然是相对于地质的时间表而言的短暂。甚至时段论者所说的‘突然进化’,尽管按照地质的标准可能是瞬间的,但是它们仍然有一个用万年或者亿年来测量的持续时间。

在这里，我们将阐述一下美国著名进化论者 G.里德亚得 • 史塔宾斯的观点。他不是特别关注突然出现的进化,而是仅仅要找到进化变化能够发生的速度。他想像了一种动物,大约有老鼠一样的大小。然后，他设想自然选择开始倾向于增加其身体的重量，但仅仅是非常非常小地增加。也许较大的雄性在追求雌性的竞争中稍微占有优势。任何时候,具有平均重量的雄性比那些稍微超过平均重量的雄性的成功率要低。在这个假设的例子里,史塔宾斯为那些较大个体得到的精确优势赋予了准确的数字。他增加的重量非常非常小，以至于不能被人类观察者测量出来。结果,它带来的进化变化速度是非常低,以至于在普通人的寿命里不能被注意到。当时研究进化的科学家认为,这些动物根本没有进化。然而,它们正在进化,以史塔宾斯假设的速度缓慢地增加。但就是以这个很慢的速度,它们最终也会达到大象的重量。这需要多长时间呢?显然地,按照人类的标准,这需要很长的时间,但是人类的标准并不恰当。我们讨论的时间是地质时间。史塔宾斯计算出，以他假设的非常低的速度进化，将需要 1.2 万代动物才能从平均重量为 40 克(老鼠的重量)进化到平均重量为 600万克以上(大象的重量)。假设一代寿命为 5 年,这比老鼠的寿命长而比大象的寿命短,那么 1.2 万代大约需要 6 万年。按照用来测定化石记录年代的普通的地质方法计算， 6 万年太短了,以至于无法测量。正如史塔宾斯所说的“10 万年前或者更少年限里的新动物物种的起源被古生物学家称为‘突然的,或者‘瞬间的’。”

时段论者不是在讨论进化中的跳跃,他们在讨论相对快速进化的事件。这些事件不必是现代人类标准的'快'的概念,但是按照地质的标准则是'瞬间出现'的。无论我们怎样看待突现论,我们都很容易混淆渐进主义(现代时段论者和达尔文所持的观点:在一代和下一代之间没有突然的跳跃)和'均变进化速度论"(时段论者反对的观点,据称这是达尔文提出的观点,但事实上并不是这样)。它们根本就不是相同的事情。表现时段论者观点特色的正确表述是":渐进的,但有长时间的'停滞'(进化停滞),又有快速渐进变化的过程。"我们重点关注长时间的停滞,它是以前被忽视的现象,现在它真正需要解释。停滞阶段是时段论者真正的贡献,不是他们声称的对渐进主义的反对,因为他们实际上与其他人一样都是渐进主义者。

甚至在梅厄的物种形成理论中,我们也可以以不太夸张的形式找到长时间的停滞。他认为,在两个地理上分开的种族中,最初大量的祖先群体比新的'女儿'群体(在山脉的另一面,如地鼠例子)更不太可能变化。这不仅仅因为女儿群体已经迁移到新的草地,这里的条件可能不同,自然选择压力改变了。而且还有一些理论因素(这是梅厄强调的,但是其重要性有待于进一步的商讨):大量繁殖的群体有其固有的抵抗进化变化的倾向。一个适当的类推是重物的惯性:它很难改变。小的、偏远的群体,由于很小,更可能改变。因此,理论也是这样,可能进化,更可能变化。因此,虽然我们谈到了地鼠的这两个群体或者种族彼此分离,但是梅厄更愿意看到最初的、祖先的群体是相对静态的,而新群体脱离了祖先群体。进化树的分枝不会分杈为两个平等的小枝:相反,这里有一个主干,小侧枝从它旁边长出来。

突现论的支持者接受了梅厄的建议,把它夸大为坚定的信念,认为‘停滞’或者缺乏进化变化是一个物种的标准。他们认为在大群体里有一种遗传力量，它可以积极抵抗进化变化。对他们来说,进化变化是稀少事件,与物种形成相一致。在他们的观点里，在这个意义上,这与物种形成相符,新物种形成的这些条件——小型的、孤立的分组群体的地理分割——恰好是这个条件，即在这个条件下通常抵制进化变化的力量是松懈的或者被推翻。物种形成是一个巨变时代或者革命时代。在这个巨变时代,进化变化是强烈的。对停滞的大部分历史来说，它是静止不动的。

达尔文认为进化以均变的速度进行,这不是真实的。他当然也不会相信我在以色列众子寓言里滑稽的极端意义。我认为,他不是真的相信它有任何重要意义。下面是《物种起源》第四版(和以后的版本)里一段非常著名的章节,它使古尔德感到很烦恼,因为他认为这是达尔文总体思想中不具有代表性的部分：

> 许多物种一旦形成,就再也不会发生进一步变化……在一段时期内,物种经历了变型,虽然用年来计算很长,但是与它们保持相同形态的时间相比,这段时间可能很短。

古尔德想要摆脱这个论述和其他类似的说法,他说：

> 你不能通过选择性的引用语和搜索符合条件的注脚来记录历史。总体的要旨和历史影响是正确的标准。他的同代人或者后代曾经把达尔文当成是突变论者了吗？

当然,关于总体要旨和历史的影响,古尔德是正确的,但是他引用

语的最后一个句子是有很高启迪作用的失言。没有人把达尔文当成是突变论者,达尔文也一向反对突变论。但是,当我们讨论突现论时,整体观点是,突变论不是这个问题。正如我强调的,埃尔德雷德和古尔德自己创立的突现论不是突变论。它假定的跳跃不是真实的、单一代的跳跃。用古尔德自己的话来说,它们经历的发展延续了大量的代,经过了也许几万年的时间。虽然突现论强调了在渐进主义进化相当短的爆炸之间存在的长期的停滞,但是突现论是一种渐进主义的理论。古尔德强调了时段论与真正的突变论之间纯粹诗歌性或者文学性的相似之处,他被自己这种修饰色彩误导了。

在这一点上,如果对进化速度的可能观点的范围做出了概述,我认为这能阐明问题。我们公开表明我们的见解,我们有真正的突变论,我已经充分讨论了这些。真正的突变论论者不会存在于现代生物学家中。每个不是突变论者的人都是渐进主义者,包含了埃尔德雷德和古尔德。在渐进主义中,我们可以区别各种各样关于(渐进的)进化速度的观点。正如我们所看到的,一些观点提供了与真正反渐进的突变论主义纯粹肤浅的(“文学的 ’或者‘ 诗歌的 ’相似之处,这就是为什么它们有时候与突变论混淆在一起的原因。

在另一个极端,我们有一种均变速度论。在本章开始时,我在《出埃及记》寓言中描写了这种学说。一个极端的均变速度论者认为,进化一直都是缓慢进行的,无论是否有分枝或者物种形成正在进行。他认为，进化变化的数量与时间的流逝是严格成比例的。具有讽刺意味的是,最近,均变速度论在现代分子遗传学家中很受欢迎。一个好的例子是,他们认为,进化变化在蛋白质分

子水平上的确是以均变的速度缓慢前进,就像假设的以色列众子一样,即使像胳膊和腿这些明显的特征也是以不时间断的方式进化的。我们已经在第五章里讨论过了这个主题,我将在下一章里再次提到它。但是一涉及到大规模的结构和行为模式的适应性进化,所有的进化论者都会反对均变速度论,达尔文当然也反对它。每一个不是均变速度论者都是可变速度论者。

在可变速度论中,我们可以区别两种观点,即不连续的可变速度论和连续的可变速度论。一个极端的不连续的可变速度论者认为进化在速度上会改变。他认为,速度会突然从一个不连续的水平跳跃到另一个不连续的水平，就像汽车的变速器一样。例如，他可能认为进化只有两个速度:非常快和停止(在这里,我不由之主地想起我第一张成绩单的羞辱，女主任把我的成绩写成就像 7 岁大的孩子学叠衣服，洗冷水澡和寄宿学校生活里其他日常事务":道金斯只有三个速度:慢、非常慢和停止。")"停止的"进化是"停滞",时段论者认为这是用来描述大群体的特征。高速挡进化是那些大型的进化静止群体边缘的小型、孤立的群体在物种形成期间进行的一种进化过程。根据这个观点,进化一直在两个换挡中的一个或者另一个,而从来不是在两者中间。埃尔德雷德和古尔德趋向于不连续的可变速度论。在这个方面,他们是真正的激进,被称之为不连续的可变速度论者。顺便提及,没有特别的原因来解释为什么不连续的可变速度论者需要强调高速挡进化时期的物种形成。而实际上，他们中的大多数都是这样做的。

连续的可变速度论者则认为,进化速度将从非常快到非常慢和停止连续波动,其中也有许多中间速度。他们看到没有特殊的原因来强调某个速度比其他的快。特别地,对他们来说,停滞是极端

缓慢的进化的一个极端例子。对时段论者来说,关于停滞有一些非常特殊的事情。对他们来说,停滞不只是像速度为零这样慢的进化 停滞不仅仅是被动地缺少进化,因为变化中没有推动力 相反，停滞代表了对进化变化的积极抵制。

更多的生物学家同意停滞是真正的现象,而不同意它的原因。我们拿拉丁美洲的腔棘鱼作为一个极端的例子。腔棘鱼是' 鱼 '的一个大群体(实际上,虽然它们被叫做鱼,但是它们更接近我们而不是接近鲑鱼和青鱼),它们在 2.05 亿年前繁盛,明显地大约与恐龙同时期灭绝。我之所以说' 明显地灭绝 ',是因为在 1983 年，令动物学世界非常惊讶的是,一只奇异的鱼出现在南非海岸的深海鱼船里,它有一码半长,有不寻常的类似腿的鳍。虽然它的宝贵价值被认识以前,它已经几乎被破坏了,但是幸运的是,它的残余部分及时引起了南非资深动物学家的注意。他几乎不能相信自己的眼睛,他把它鉴定为活着的腔棘鱼,把它叫做矛尾鱼。从那时起,一些其他的样品已经在相同的地方被打捞上来了,科学家现在已经正确研究和描述了这个物种。它是 " 活着的化石 " 。在这个意义上,从几亿年前的化石祖先到现在,它几乎根本就没有改变。

因此,我们有了停滞时期。我们用什么来解释它呢 我们怎样解释它呢 我们中的一些人会说,矛尾鱼的血统仍然存在,因为自然选择没有改变它。在某种意义上,它不' 需要 '进化,因为这些动物已经找到了在深海里的生活方式,这里的条件变化不大。也许它们从来没有参加任何的' 军备竞赛 '。它们出现在陆地上的表兄妹进化了,因为在包括' 军备竞赛 '的各种敌对条件下,自然选择迫使它们进化。其他的生物学家,包括那些把自己叫做时段

论者的一些人会说,尽管存在着自然选择的压力,现代矛尾鱼的血统积极地抵制变化。谁是正确的?在矛尾鱼的特殊例子中,这点很难知道,但是在原则上,我们可以着手查出来。

为了公平,让我们停止特别地考虑矛尾鱼的例子。它是一个显著的例子,但是也是一个非常极端的例子,但不是时段论者特别希望的例子。他们的观点是,不太极端、较短时期的停滞例子是常态的,是真正的标准,因为即使自然选择的力量推动着变化,物种也具有积极抵制变化的遗传机制。现在这里有一个非常简单的实验,至少在原则上,我们可以测试这个假设。我们可以选择野生的群体,对它们施加我们自己的选择力量。根据物种积极抵制变化的这个假设,我们应该可以发现,如果努力培养某些品质,这个物种应该停止脚步,换句话说,它们应该拒绝变化,至少在一段时间里应该这样。例如,如果选择牛做例子,试图选择性地培育出牛奶产量很高的牛,我们就会失败,物种的遗传机制应该调动起它们的反进化力量,克服变化的压力 如果我们试图使鸡进化成具有较高的产蛋率,我们将失败 如果斗牛士为了追求他们可鄙的"运动",试图通过选择性的养育来增加牛的勇气,他们也将失败。当然,这些失败应该仅仅是暂时的。最终,就像处于压力之下的堤坝会崩溃一样,反进化力量会被战胜,血统将快速地移动到一个新的平衡。但是,当我们第一次开始一个新的选择性培育项目时,我们至少会经历一些抵抗力。

事实是,当我们努力通过选择性培育被囚禁的动物和植物来塑造进化时,我们不会失败,我们也不会经历一段时期的最初困难。动物和植物物种通常会立即服从选择性培育,培育者不会发现任何固有的、反进化力量的迹象。如果有什么不同的话,那么在进

行了成功选择培育的许多代以后，选择性培育者会经历一些困难。这是因为在一些代经过选择性培育后,适用的遗传变异用完了,我们必须等待新物种的突变。可以想像的是,腔棘鱼停止进化是由于它们停止了突变—— 也许是因为它们在海底避开了宇宙光!但是据我所知,没有人严肃地提到过这一点,当时段论者谈论已经建立起对进化变化抵制力的物种时,在任何情况下,这都不是他们的意思。

他们的意思更像我在第七章关于' 合作 '基因中所持的观点:基因群彼此适合，它们抵抗不是本集团里成员的新突变基因的入侵。这是一个非常深奥的观点,它听起来好像很有道理。事实上,它是梅厄惯性思想的一个理论支持观点。然而,无论我们什么时候试图做选择性培育,我们都不会遭遇到最初的抵抗。这个事实表明,如果在野生群体中的血统经历了许多代都没有变化,这不是因为它们抵制变化，而是因为没有自然选择的压力来推动变化。它们不变化,是因为保持不变的个体比那些变化了的个体生存得更好。

时段论者真的就像达尔文或者任何其他达尔文论者一样,都是渐进主义者；他们只是在渐进进化的冲刺之间插入了长期的停滞。正如我所说的一样,时段论者与其他的达尔文论真正不同的方面是在他们极力强调停滞是积极的东西:作为对进化变化的积极抵制力量,而不是仅仅没有进化变化。这是他们非常可能错误的方面。它将提醒我弄清楚为什么他们认为自己与达尔文和新达尔文主义非常不同这个秘密。

答案在于' 渐进的 '这个词语的两个意思的混淆,同时也有时段论

和突变论之间的混淆,我已经努力去消除它,但是它仍停留在许多人的思想里。达尔文是一个充满热情的反突变论者,这使他一次又一次地强调他提出的进化变化是极端渐进的。其原因是,对他来说,突变的意思是指我指的"波音 747 大突变"。它意味着突然出现，就像从宙斯脑袋里突然出现的帕拉斯·雅典娜一样。它意味着在单一的一代里,完全成形的、具有复杂功能的眼睛突然出现在裸露的皮肤上。这意味着对达尔文来说这些事情恰好就是他最有力的反对者们的意思,他们真的认为这是进化的主要因素。

例如,阿盖尔公爵承认进化发生的这个事实,但是他想偷偷地从后门把神创论带进来。不是只有他一个人这样做。除了伊甸园里所有的创造外,许多维多利亚时代的人认为上帝不断地干预进化中至关紧要的地方。复杂的器官,例如眼睛,不是像达尔文说的那样缓慢地逐渐从简单一点的眼睛进化而来,而是突然在一瞬间出现了。这些人恰当地认识到,如果这种突然的"进化"发生了，它就暗示着超自然力量的干预 这就是他们所信仰的。这些原因是我们在飓风和波音 747 联系中已经讨论过的统计学因素。实际上,"波音 747 突变论"只是创造宇宙学说的一种打折扣的形式。撇开不谈,神创论是突变论的最终产物。这也是从没有生命的泥土到完全成形的人类的最终跳跃。达尔文也认识到了这一点。他在给当时著名的地质学家查尔斯·赖尔先生的信中说道：

> 如果我的自然选择理论必须借助这种突然进化的过程才能说得通，我将弃之为粪土。……如果在任何一个步骤中,需要加上神奇的进步,那自然选择理论就不值分文了。

这不是小事情。在达尔文的观点里，自然选择的进化论的全部观点是 它为复杂性适者生存提供了一个最简单的理由。这始终是本书的整体观点。对达尔文来说，任何通过上帝的帮助才能实现跳跃的进化根本不是进化。这使进化的中心观点变得毫无意义。鉴于这一点，我们很容易看出为什么达尔文不断地重申进化的渐进性，很容易看出他为什么写下了在第四章里所引用的句子：

> 如果有人能证明，任何现有的复杂器官，不可能是从无数连续的、微小的突变而来，我的学说就得完全瓦解了。

我们也有另一个观察达尔文渐进主义根本重要性。他的同代人，就像今天的许多人一样仍然很难相信，人类身体和其他这样复杂的实体能令人信服地通过进化的方法而形成。如果你认为，单细胞的变形虫是我们的远古的祖先—— 直到最近，还很流行这样说—— 许多人发现在他们的脑子里很难逾越变形虫与人类之间的鸿沟。他们发现这很难相信如此复杂的事物可以从这样简单的东西进化而来的。达尔文采用一系列小步骤的渐进思想作为摆脱这种怀疑的方法，但你仍可能发现很难想像变形虫转变为人类，却不难想像变形虫转变为稍微不同种类的变形虫。从这一点出发，就不难想像它再转变成稍微不同种类、再稍微不同种类的……等等。正如我们在第三章里所看到的一样，只要我们强调在这条路上有非常多的步骤，只要每个步骤的变化都非常细微，这个论述就可以摆脱我们的困境。达尔文不断地反对这种质疑，他不断地使用相同的武器 强调渐进、几乎察觉不到的变化，延伸至无数代。

这里值得引用英国生物学家霍尔丹反驳相同怀疑所特有的观点。

他指出,从变形虫到人类的转变,就像人在每个母亲的子宫里仅仅需要 9个月一样。不可否认,发展是一个非常不同于进化的过程。任何怀疑可能从单细胞转变成人类的人,只需要沉思一下人类胎儿的初始就可以减少怀疑。如果我强调给变形虫赋予名誉祖先头衔的这个选择仅仅是遵循了一个古怪的传统,那么我希望自己不会被认为是一个学究式人物。细菌会是一个更好的选择,但是正如我们所知道的,细菌是现代的生物体。

为了继续他的观点,达尔文着重强调了进化的渐进性,因为他反驳的是 对达尔文进化论的误解在 19 世纪很流行。在那个时代的背景下,“ 渐进的 ”意思是‘ 反对突变 ”。生活在 20 世纪晚期的埃尔德雷德和古尔德,以非常不同的含义使用‘ 渐进的 ’这个词语。实际上,他们用它来表示‘ 均变的速度 ”,用‘ 均变的速度论 ”来批判渐进主义。他们这样做是正确的 在极端形式上,它就像我的《出埃及记》寓言一样的荒谬。

把这个无可非议的批判和达尔文的批判联系起来仅仅是混淆了“ 渐进 ”这个词的两个十分不同的意义。在这个意义上,埃尔德雷德和古尔德都反对渐进主义,没有特别的原因来怀疑达尔文会同意他们的观点。在这个词的意义上,达尔文是充满热情的渐进主义者,埃尔德雷德和古尔德也是渐进主义者。突现论是达尔文主义较次要的假象,如果这个问题在达尔文的时代就已经被讨论过了,达尔文自己可能会赞成它。由于它是一个次要的假象,因此它不值得引起人们的广泛关注。实际上,它已经引起公众广泛注意。为什么会这样,以及为什么我被迫用整个章节来讨论它呢?仅仅因为这个理论已经被炒作了——被一些记者大肆炒作了——好像它极力地反对达尔文及其继承者的观点。为什么会发

生这种事情呢？

世界上有一些人非常不愿意信仰达尔文主义。他们似乎属于三个主要的类别。第一种人，由于宗教上的原因，他们认为进化本身是不真实的。第二种人，他们毫不怀疑承认进化的发生，但是常常由于政治或者意识形态的原因，认为达尔文理论机制令人反感。这些人当中的一些人认为自然选择的思想是令人难以接受的荒谬和残忍 其他的人把自然选择与随意性搞混淆了，因此"没有意义"冒犯了他们的尊严 而另一些人把达尔文主义与社会达尔文主义混淆了，而社会达尔文主义里包含了种族主义者和其他不赞成的声音。第三种人，是一些包括许多从事他们称之(常常作为单数名词)为"媒体"的人，他们喜欢看到事情变得很糟，也许因为这是很好的新闻素材。

无论目的是什么，如果一个著名学者对目前的达尔文理论的一些细节做出非常多的批判，这个事实就被急切地抓住并在所有人中传播。这种热心是如此之大，就好像有一个已经调好的扩音器准备好留心收听任何反对达尔文主义的最细小的声音。这是最不幸的，因为严肃的争论和批判是任何科学非常重要的部分。如果学者由于扩音器的缘故觉得需要闭上自己的嘴巴，这非常悲惨。不必说放大器了，虽然很有力，但不具有高保真度 有大量的失真！一位科学家对达尔文主义目前的细微差别谨慎而小声地说出了一些稍微的怀疑，他就很有可能听到那些被歪曲了的、几乎不能辨认的话通过急切等待扩音器被大肆宣扬了。

埃尔德雷德和古尔德不是小声说的，他们用雄辩和力量大声地呐喊 他们的呼喊常常非常微妙，所传达的信息是达尔文主义有些

是错误的"科学家"自己说出了"哈里路亚"(赞美上帝用语)!《圣经创造》杂志编辑这样写到:

> 不可否认地,我们宗教的和科学阵地的可信性已经由于最近新达尔文主义的士气低落而大大加强了 这就是我们必须充分挖掘的。

埃尔德雷德和古尔德在反对狭隘的创造宇宙论的斗争中都是勇敢的斗士。他们大声呼喊出对他们自己语言误用的抱怨,对他们呼喊的这个部分,扩音器突然没有声音了。我有同感,因为我对不同的"扩音器"有过相同的经历,在这个例子中是由政治而不是宗教调整的。

现在需要大声而清楚地说出的是一个事实 突现论紧密地属于新达尔文主义的范畴。它一直都是这样的,只是我们需要时间来消除过分华丽的修辞所带来的损失。突现论将被人们如实地看成是新达尔文主义表面的有趣的、但较小的一部分。它当然不能为任何的"新达尔文主义士气"的丧失提供基础,也不能为古尔德所声称的进化综合理论(新达尔文主义的另一个名字)"已经死亡了"提供任何基础。这就像是发现了地球不是完美的球体,而是稍微扁一点的球体,这个发现被做了大字标题下的标语式处理:

> 哥白尼错了 "扁平地球说"证实了这一点。

但是为了公平,古尔德的评论不是像他主张中的另一个一样针对所声称的达尔文综合理论的"渐进主义"。埃尔德雷德和古尔德争辩说,这个主张是 甚至在最大的地质时间表上的所有的进化,

都是在群体或者物种里发生的事件的一种推断。他们认为，选择有更高的形式，他们称之为“物种选择”。这个主题我们将在下一章里进行讨论。我在下一章里也将讨论另一个生物学家学派，他们的根基也是同样脆弱的，他们在一些例子中不是作为反达尔文主义者，而是属于“转变的生物分类学家”。这些属于分类法领域，属于分类科学。

第十章　惟一正确的“家谱”

进化论是如何作为复杂的‘设计’问题的解决方案的呢？进化论又是如何为一种现象做解释的呢？帕列夫认为，这种现象证明存在“非凡的钟表匠”。这些是本书主要论述的问题。这也是我一直以来关注眼睛和回声定位的缘故。然而，也存在另一些事物，那就是进化理论在此所阐述的、各种多姿多彩的现象：遍布世界各地的不同种类动物各异的姿态和形态、各种植物的千姿百态以及它们身上各具特色的特征。尽管我主要关注的是眼睛和其他复杂的布局，但我也不会忽视这一点：进化的其他方面在帮助我们理解自然的过程中起到了不可轻视的作用。在此，本章主要是关于分类学的研究。

分类学是关于如何归类的科学。对于某些人来说，这门学科有着枯燥乏味的狼藉声名，提起它，下意识里会与布满灰尘的博物馆和臭气烘烘的防腐液联系起来，几乎仿佛把它与动物标本制作混淆了。事实上，这门科学一点也不枯燥。我出于一种不能理解的原因认为，在生物的所有领域中，这门科学是充满最尖锐的冲突之一的学科，它引起了哲学家和历史学家的兴趣，并将在任何有关进化的讨论中起重要作用。从分类学家中间产生了一些最为直言不讳的现代生物学家，他们假装为反达尔文派。

尽管分类学家主要研究动物或者植物以及其他任何可以分类的东西 像岩石、图书馆的书、恒星以及语言。有序的归类常常可以用便捷的方式、适合实际需要来描述,当然,这只是事实的一部分而已。摆在一个诺大的图书馆内的图书,只有当它们被管理员摆放整齐有序时才是有用的,只有这样,当你需要一本特殊主题的图书时才能寻到它。图书馆馆长的科学或者说是艺术就是一种运用分类学的实际操作。本着同样的原因,生物学家发现,如果他们能把动物和植物按照既定的种类命名分类的话,他们的工作就变得容易多了。但是若是说这是给动植物分类的惟一的原因的话,那就丢掉了重点。进化的生物学家发现活的有机体的归类十分特别,它们有着其他物体分类所不具备东西。遵循进化论的思想,所有生物都有一幅惟一正确且有分支的家谱,在此基础上,我建立了我们的分类思想。除了它的独特之处,这种分类还有着单一的品质,我称之为" 完美的嵌套 "。它的意思以及它为何这么重要是这一章的主题。

让我们举图书馆作为一个非生物的例子。关于如何把图书馆或是书店内的书归类,没有一套单一的、独特的而又正确方法。某一个图书管理员可能会把藏书分为以下几大类 自然科学类、历史类、文学类、其他艺术类以及外国作品等等。每一个大类再往下细分,馆内的自然科学类可能还细分为 生物学、地质学、化学、物理学等;自然科学类生物学部分的图书可能又被细分到生理学、解剖学、生物化学、昆虫等的书架。最后,在每个书架内,图书按照字母顺序摆放。馆内其他藏书的主要大类,像历史类,文学类,外国语言类等也按照类似的方式往下细分。因此,图书馆就是这样以一种方式分级分类,使得读者能够顺利找到他(她)所需要的图书。分级分类的方式十分方便,因为这种方式能让借阅者

在茫茫书海中迅速找到他需要的图书。出于同样的原因,字典里的单词按照字母顺序编排。

但是,图书馆内的藏书不必按照惟一的层级分类法去排列。不同的图书馆管理员可能会对同一藏书采用不同的、然而也是按照层级分类的方法去组织排列。例如,他可能没有单独的“外国语言”这个类别,在每个合适的主题下他不论语言区别收藏图书:德语生物图书摆放在生物类书架上,德语历史图书摆放在历史类书架上等等。而第三个图书馆管理员可能采用更为极端的收藏图书的方法,不论何种主题的图书一律按照出版的年代顺序排列,读者则只能根据卡片索引(或者电脑设备)查找相应需求主题的图书。

这三个图书馆的排列计划各不相同,但它们可能都运行良好而且被很多读者所接受。顺便提及一下,尽管偶尔也可能不被脾气暴躁、年长的伦敦俱乐部会员接受,我曾在广播上听到他们严厉指责他们的俱乐部委员会聘用了一个图书管理员,那个图书馆保持那种无次序状态已经运行了近乎 100 年,他们不明白为什么现在却需要管理了。当采访者微笑着询问他们图书馆应该如何管理时,他们毫不犹豫地吼道:“最长的书排到最左边,最短的书排到最右边。”流行书店将图书分成主要的几大块儿,主要反映的是流行畅销需求,代替传统的自然科学、历史、文学、地理等类的分类方法,他们主要分为园艺类、烹饪类、电视预告、神秘类,我曾经看到一个架子上醒目地标着“宗教与不明飞行物”。

因此,如何给图书分类没有惟一的方法。一个图书馆管理员可能与另一个管理员在归类方法上有完全不同的意见,但是谁赢谁输

并不能证明持这种标准的归类方法与另一种相比较而言是正确的。更确切地说，在舆论中随处可见的标准应该是‘对于图书馆的使用者的方便程度’、‘找到图书的速度’等等。从这个意义上说，图书馆藏书的分类方法可以说是武断的。这并不是说设计一套合适的归类系统不重要，这里所说的意思是在信息如此丰富的当今世界，没有一种归类系统能成为一种被普遍接收的、惟一正确的归类方法。但是，对生物分类有着对图书分类所缺少的特征，如果我们以进化论的观点来看的话至少是这样的。

我们可能设计出无数种给生物分类的系统，但是我不再说明任何像图书馆管理员一样武断的分类。如果单纯为了方便的话，博物馆的管理员可能根据尺寸和保存条件给他的标本分类：大型标本填充放置；小型的、干枯的标本穿在软木板上后盛放在托盘上；腌泡过的物体置于玻璃瓶中；用显微镜可见的物体制成幻灯片保存；等等不一而足。这些方便的归类方法在动物园内随处可见。在伦敦动物园，犀牛被关在‘大象馆’，就因为没有比它们需要与大象同样加固的笼子更好的理由了。一位应用生物学家可能把动物分为有害动物(往下分为医学害虫、农业害虫、有直接危险的咬人或者叮人的动物)、有益动物(往下细分的方法与以上类似)和中性动物。一位营养学家可能根据它们的肉质对人类的食用价值将动物分类，同样有着细致的细分种类。我的祖母曾经为孩子们绣了一本布制的有关动物的书，其中的动物是根据它们的腿的数目分的类。人类学家已经记录了根据遍布世界各地的动物的族做的无数种细致的动物分类系统。

在所有这些能够凭空臆造出来的分类系统中，有一种独特的系统，它的独特之处在于在某种意义上说像‘正确’和‘错误’以及

“真的”和“假的”这样的词都适用于它。这个独特的系统是建立在进化论的关联关系的基础上的。为了避免混乱,我将给出这个系统生物学家所给出的最严格的界定，那就是进化枝分类系统。

在进化枝分类中,给有机物分类的最后标准是近亲关系,或者换言之是共同的祖先的相关的近因性。例如鸟类区别于非鸟类就在于鸟类起源于共同的祖先,这个祖先又是区别于非鸟类的祖先的。哺乳动物起源于同一个祖先,这个祖先也不是非哺乳动物的祖先。鸟类和哺乳动物有一个遥远的共同的祖先,与其他动物如蛇、蜥蜴和大蜥蜴所拥有的是一个共同的祖先。这个共同的祖先就是脊椎动物。所以,鸟类和哺乳动物都是脊椎动物。“爬行动物”不是真的分类术语,根据遗传分类学家的观点,因为这是个排除定义的名词：除了鸟类和哺乳动物的所有脊椎动物。换句话说,所有爬行动物的较近期的共同祖先(如蛇和海龟等)与非爬行动物的祖先有关，也即是与鸟类和哺乳动物的祖先有关。

在哺乳动物中,家鼠和鼠科动物有一个共同的祖先,豹和狮子有共同的祖先,黑猩猩和人类也是。紧密相关的动物就是有一个近期的共同的祖先的动物;相关性较远的动物则有一个较远期的共同祖先；远期相关的动物，如人类和蛞蝓有一个较早期的祖先。有机物不可能完全与另一种有机物没有关系,因为不能确定生命是否像我们知道的那样只在地球上起源过一次。

真正意义上的进化枝分类是严格的分级的。我将用这个表达法表示这样的意思：一棵有分杈的树的支杈永远不会汇聚。在我看来(某些分类学派可能会有异议,这些学派在后面章节中我会叙述到),它是严格意义上的分级分类而不是因为分级分类方便简

洁,就像图书馆管理员的分类 ,也不是因为世界上的每一种东西自然而然地符合分级的样式，而是完全因为进化的遗传是分级的。一旦生命之树的分杈超出了一定最小距离的极限(基本上是品种的极限),这些枝干就不再汇拢到一起(可能几乎不会有例外情况 ,就像在第七章中提到的在真核状态下的起点)。鸟类和哺乳动物起源于共同的祖先,但是现在从一棵进化树上分开了枝干而且永远不会再会汇聚：永远不会有鸟类和哺乳动物的杂交物种。一组有机物有这样的特性 ,起源于同一个祖先 ,这个祖先不是' 其他 '组的祖先 ,这被称为进化枝。

另外一种表示这种严格意义上分级思想的是术语' 完美的嵌套 "。我们在一张大纸上写出任意一组动物的名称,然后给相关的动物画上圆圈。例如家鼠和鼠科动物用一个小圆圈联系起来,表示它们是近亲、有一个近期的共同祖先 ,豚鼠和水豚也用另外一个小圆圈联系起来。家鼠和鼠科动物与豚鼠和水豚圆圈(而且海狸和豪猪和松鼠以及其他许多动物)则相应地用一个稍大的圆圈连接起来,给这个圈标上' 啮齿动物 "。在大圆圈内部的小圆圈就叫做嵌套在大圆圈的内部。在纸的另外部分,狮子和老虎用一个小圆圈圈起来,这个圆圈和其他动物一起被一个名称为' 猫科动物 '的大圆圈圈起来。猫、狗、黄鼠狼等在一系列的圆圈中,然后被一个名称为' 食肉动物 '的大圆圈囊括在内。' 啮齿动物 '和' 食肉动物 '的圆圈被圈在一系列更多的圈中圈里,最大的圆圈被称为' 哺乳动物,,。

有关于这种圈内有圈系统的重要之处在于它是' 完美的嵌套。'如果不在一种单一的惟一的情况下,我们画的圆圈决不会有相交的可能。拿出任意两个搭叠的圆圈出来,永远都是其中一个完全在

另一个内部，内部那个圆圈所占据的部分永远都属于外部的圆圈,永远都不会有部分交叠。这种完美的分类嵌套的特性不能由图书、语言、油的型号或者哲学思想的派别来表示。如果一个图书馆管理员将生物类图书的圆圈和神学类图书的圆圈圈起来的话,他将会发现这两个圆圈有交叠。在交叠部分是有着类似‘生物学和基督教信仰’标题的书。

从字面意思上看,我们可能期待着语言的分类能够表示这种‘完美的嵌套’特性。语言,如我们在第八章看到的,呈现的是一种与动物十分类似的方式。近期从同一祖先分离出去的语言,像瑞典语、挪威语和丹麦语比起早期分离出去的语言,像冰岛语言,它们之间的差别要小得多。但是语言不仅分化而且汇聚。现代英语是德语和罗马语的杂交混合,而这两种语言很早就分化了,因此英语不完全符合任何分级嵌套图表。圈进了英语的圆圈可能会部分交叉和重叠。生物学上的分类圈是永远不会像这样交叉的,因为生物的进化在物种的较高等级上总是分歧的。

回到图书馆的例子,没有图书管理员能够完全避免中间体或者说重叠的问题。把生物类图书和神学类图书紧紧相邻摆放然后把中间体摆在中间的过道里是没有用的。如何处理处在生物学和化学之间、物理学和神学之间、历史学和神学之间、历史学和生物学之间的中间体呢?我想我这样说是正确的:中间体是不可避免的,是所有分类系统中固有的一部分,而不是源于进化论的生物学。依个人观点看来,在我的职业生涯中,每当我打算适当地整理文件时,我感到这总是令我头痛万分工作:如何把我的书、学院寄给我的再版的科技论文(有中间物)和旧信件等归架。无论你采用哪一种归档方法,总有那么些烦人的几样不能归入其中,令

人难受的犹豫不决总是导致我将多余的文件留在桌子上,常常是放了很多年直到能够安心把它们扔掉。我们可能常常不得不求助于一个不太令人满意的混杂类,这类一旦建立起来了,就有产生威胁的趋势。我常常想是否除了生物博物馆外的图书馆管理员和所有博物馆看守员都特别容易患溃疡。

在生物的分类上,这些归档就不会出现问题。也没有' 能产生威胁 '的动物。只要我们处在物种的高级阶段,只要我们只研究现代动物(或者说任何给定时间段的动物),就不会有令人尴尬的中间体。如果某种动物刚好就是一种笨拙的中间体,比如说就像是介于哺乳动物和鸟类之间的中间体,进化论者就能有把握地说它肯定是非此即彼。中间体的模样一定是一种幻想。不幸的图书管理员就不能如此放心地这么想。因为一本书完全有可能同时属于历史类又属于生物类。倾向于进化枝理论的生物学家从不沉溺于任何图书馆管理员是否用简单便捷的观点将鲸鱼归入哺乳动物或者鱼类,或者是介于哺乳动物和鱼类之间的中间体。我们所拥有的惟一的观点是事实。在这个例子中,就像它发生的那样，事实引导很多生物学家得出了相同的结论。鲸鱼是哺乳动物,而不是鱼类动物,而且即使有很小可能,也不可能是中间体。因为它们接近鱼类的程度,不比人类或者说像鸭的鸭嘴兽或任何其他哺乳动物接近鱼类的程度高。

确实理解所有的哺乳动物—— 人类、鲸鱼、像鸭的鸭嘴兽以及其他动物与鱼类同样程度地接近,因为所有的哺乳动物通过相同的祖先和鱼类相联系。神秘的是,例如哺乳动物,形成了一个梯子形状或者' 等级 ',其中较低级的部分比较高级的部分更接近于鱼类,这是一种与进化论无关的势力行为。这是一种旧的进化论之

前的观点,有时候被称作"伟大的生物链"。这种观点早就被进化论所推翻，神奇的是它却成为很多人用来理解接受进化论的手段。

我不能不把注意力转移到一场挑战中极具讽刺意味的事上,宇宙创造说的坚持者对于猛烈抨击进化论学者乐此不疲:"创造出你的中间体。如果进化论是正确的,那么就应该有介于猫和狗之间或者青蛙和大象之间的中间体。但是有人见过蛙象吗?"宇宙创造说的坚持者曾经寄给我一个创造论的小册子,目的是为了用画有例如奇形怪状的怪物马而后面则移植了一只倒置的狗的图画来嘲讽进化论。这个册子的作者似乎想像进化论学者在期盼着这样一种中间产物的动物出现。这不仅仅偏离了主题,而且与主题正好相反。进化论所能给我们的最强烈的期盼之一是这种中间体是不存在的。这也是我将动物和图书馆的图书作比较的重点所在。

进化的生物分类有以下独特的优点:在丰富的信息世界条件下表现出完美的协调性。这也就是我说像"真"和"假"一类的词汇能够应用于进化枝分类的主张中的意思所在,尽管不能运用于图书管理员分类的任何主张中。但是，在此我要给出两点限制条件：(1)在现实世界里，我们没有充足的信息。生物学家可能在祖先的证据上彼此不同意对方的观点,而且争论很难解决,因为证据不充足，即使说没有足够的化石留存下来。(2)如果我们有太多的化石的话,不同的问题又会出现。如果我们努力去包括所有曾经存活过的动物而不仅仅限于现代的动物的话,分类的简洁有条理以及轮廓分明的目标鉴别能力就肯定会消失。这是因为不论多么遥远,两个现代动物——比如说一只鸟和一个哺乳动物,它

们的确曾经在一段时期内有一个共同的祖先。如果我们面临着把祖先也归入现代分类系统的话，我们就要面临问题了。

一旦我们开始考虑灭绝的动物，没有中间体的命题就不再正确了。相反地，我们不得不满足于潜在的一系列连续的中间体。现代鸟类和现代非鸟类，如哺乳动物的区别是轮廓鲜明的，因为回溯到过去汇聚的中间体——共同的祖先已经死了。为了让观点论证得更有力一些，再想一想假设自然条件"温和"给我们留下了一块完整的化石记录，其中有着每一种在地球上生活过的动物。当我在前面的章节介绍这种幻想时，我提到过，根据一种观点，自然条件实际上是很恶劣的。我开始考虑研究和描述所有化石的大量辛勤工作，但是我现在进入到那种自相矛盾的恶劣条件的另外一个方面。一块完整的化石记录将使得把动物归入不连续的、有名称的组的工作变得尤其困难。如果我们有完整的化石记录，我们就应该放弃不连续的命名，而求助于数学的或者图表的变化的尺度符号。而人类思想永远倾向于不连续的命名，因此，从某种意义上说，化石记录不全也没有什么大碍。

如果我们考虑所有曾经在地球上生活过而不只是现代的动物的话，像"人类"、"鸟类"的词汇将会变得和像在边缘地带的"高"与"矮"之类的词汇一样虚幻和不清楚。动物学家可能会为一块化石是否是一只鸟争论不休。确实，他们常常围绕著名的化石始祖鸟就这个问题发生争论。如果说"鸟／非鸟"比"高／矮"区别大得多的话，那只是因为在鸟／非鸟的例子中，令人棘手的中间体都死了。如果一场不寻常的选择性的灾难席卷了人类，杀死了所有人类中中等高度的人，"高"和"矮"将会成为像"鸟类"和"哺乳动物"一样意思明确。

这不只是动物学上的分类,这种分类仅仅是通过绝大多数中间体已经灭绝的传统事实,从一种模棱两可的尴尬中解脱出来的。人类的种族和法律同样是这样的。我们的法律和道德体系深受物种的限制。动物园的园长在法律上被赋予了杀死一只超出容纳范围的黑猩猩的权利,与此同时,任何他可能解雇一名多余的看守员或者卖票员的表示都可能会招致一场令人难以置信的暴风雨般的怒火。黑猩猩是动物园的所有物。人类在当今不是任何其他人的所有物，以这种方式区别黑猩猩的根本原因很难讲清楚,我在想,是否还有站得住脚的根本原因。这就是我们信仰基督教的惊人的物种歧视,一个受精卵的流产(它们大多数注定是要自动流产掉的)比解剖任意一只发育良好的成年黑猩猩的活体更能够引起人们在道德上的关注和正义上的愤慨！我曾经听到体面而又自由的科学家说,他们没有切碎活的黑猩猩的打算,如果可以选择的话,至少情感上也不愿意行使这项权利,但法律不干预他们那么做。这些人总是在人权遭到一丁点儿‘干预’时第一个发怒的人。我们能够与这种双重的标准相安无事的惟一原因是人类和黑猩猩的中间体都已经死亡了。

人类与黑猩猩最后的共同祖先大约生活在距今500万年前,比黑猩猩和猩猩的共同祖先出现得晚,可能比黑猩猩和猴子的共同祖先晚 3 000 万年。黑猩猩和我们人类 99% 的基因是相同的。如果在世界上某些被人遗忘的荒岛上发现存活下来的、能回溯到黑猩猩和人类的共同祖先的中间体,谁会怀疑我们的法律和道德传统将会深受影响，尤其是生物演化中产生很多可能的杂交物种？或者整个生命谱系将被赋予全部人权（支持黑猩猩）？或者将会产生有明文细则的类似种族隔离的种族歧视的法律体系,通过法庭决定某个物种是合法的‘黑猩猩’或者‘合法的人类’;而人类将

会为自己的女儿想嫁给其他种族的物种而烦恼不堪。我想,这个世界已经发展得太富足,以至于我们希望这种惩戒性的幻想最终会实现。任何认为人类的'权利'是明显的、不言而喻的人应该反思那些令人尴尬的中间体碰巧没有幸存下来纯粹是一种运气。另一方面如果黑猩猩现在才被发现,它们是不是有可能被看成一种尴尬的中间体?

读完前一章的读者可能会评价说,假设进化以持续的速度前进而没有中断,如果我们不坚持现代的动物观,关于种类类别的整个论断都会混乱。我们进化的观点越趋于平缓顺利、持续地变化的极限,我们将鸟类或非鸟类、人类或非人类的词用于所有曾经在地球上生活过的动物身上的可能性越不乐观。因为极端突变论的科学家会相信真实地有第一个这样的人类存在 他突变后的头是他父亲的头大小的两倍,也是他像黑猩猩的兄弟的头的两倍大。

提倡'突变论'的学者就我们看来并不完全都是突变论者。至少对他们来说,从更持续的观点来看,看上去名称的模糊性肯定不比它将产生的问题严重。按照字面意思来看,如果每种在地球上生活过的动物都有化石保留下来的话,坚持突变论的科学家依然会遇到命名问题,因为如果我们深入细节的话,坚持突变论的科学家是真正的渐进主义者。既然他们假设我们决不可能找到记载了短时间内的巨变的化石,而同时可能找到记载了长时间的停滞的化石,那么,在坚持突变论的科学家眼里看来,命名问题没有坚持无突变论的科学家那么严重。

就是因为这个原因,坚持突变论的科学家,特别是奈尔斯 • 埃尔

瑞吉特别注意把‘ 物种 ’当作真正的实体。对于一个坚持无突变论的科学家来说,只有在令人尴尬的中间体死亡了以后才可以确定物种的定义。极端的反对突变论的科学家从长远来看进化历史这个整体,他根本看不到物种是不连续的实体,他只能看到‘ 污浊不堪 ’的连续统一体。在他看来,一个物种绝对没有界限分明的开始,只是有时会有明确的终止(灭亡),有时又不会明确地结束,而是逐渐变成另外一种新的物种。与此正好相反,坚持有突变论的科学家认为,一种物种在一定的时间会灭绝(严格来说有一个数百万年的过渡的持续时期,但是依据地质学的标准,这个持续期很短)更进一步,他认为物种有一个明确的至少是迅速完成的结束,而不是逐渐变成另外一种物种。根据坚持有突变论的科学家的观点看来,因为绝大多数物种的生命是消耗在没有变化的停滞阶段,既然物种有一个不连续的开始和结束,就可以得出这样的结论 对于坚持有突变论的科学家来说,一个物种应该有确定的、可以度量的‘ 生命期 ”。坚持无突变论的科学家可能不把物种看做像有机生物个体那样有‘ 生命期 ’极端的坚持有突变论的科学家把‘ 物种 ’看做确实不是徒有虚名的不连续的实体。而极端的反对坚持有突变论的科学家把‘ 物种 ’看做任意的一段川流不息的河流，没有理由要划出确定的开始和结束的界限。

在一本坚持有突变论的关于一组动物的历史的书中,讲述了在过去的 3 000 年前马的历史,剧中的主人翁都是物种而不是有机物的个体,由于坚持有突变论的科学家把物种看做真实的、本身有不连续特性的‘ 东西 ”。物种会突然出现,也会随着它们的消失被战胜者取代。随着一个物种让位给另外一个物种,这将是一部胜者为王的历史。如果由一个反对坚持有突变论的科学家来写这同一部历史的话,他将会只是因为模糊方便而用物种的名称。当

他纵观历史长河时,他看不到物种是一个不连续的实体。在他的剧中,真正的主角将是数量增减不定的有机物的个体;在他的书中,有机物的个体将会让位给下代的有机物个体,而不是物种让位给物种。那么并不惊奇,坚持有突变论的科学家相信在物种层面上的自然选择,他们认为这与达尔文在普通的个体层面上的选择相类似。而与此相反,坚持无突变论的科学家更愿意把自然选择看做是更高层次的选择而不是有机物个体层面上的选择;"物种选择"的思想对他们没有太大的吸引力,因为他们不把物种看做是经过地质年代的不连续的存在实体。

从某种意义上说,这是解决上一章遗留下来的物种选择这一猜想的最好时机。由于我已经在《扩展的显形》一书中阐述了我对进化论重要性的怀疑,在此我不再花过多时间叙述。大多数曾经在地球上生存过的物种已经灭亡,这是一个不争的事实。然而,新物种的出现是以一个至少与物种灭亡的速率相平衡的速率进行的,这也是一个事实,因此,存在着一种组成成员总是变化的"物种池",随机地进入这个物种池和随机地离开这个物种池理论上可以形成一种高层次的自然选择,这是千真万确的。可能物种的某些特性倾向于走向灭亡或者产生新的物种,我们所见的世界上的物种可能倾向于无论吸收了什么就首先进入世界——形成物种,或者走向灭亡。尽管我怀疑比起累积的选择,这更接近单一步骤的选择,但是如果你愿意的话,可以管这叫做自然选择的一种形式。我所怀疑的是这种选择在解释进化论的时候能有什么重要性。

这或许只是反映了我对什么是重要的有一定的偏见。正如我在本章开头所说的,我主要想要进化论做的是用来解释复杂的、设

计精密的机体,如心脏、双手、眼睛和回声定位。没有人,即使是最最热情洋溢的物种选择论科学家也认为物种的选择不能做到这一点。一些人确实认为物种选择能够解释化石中长期的某些趋势,例如,随着年代的推移,相当常见的大体型的躯体的体型变化,如现代的马,比3 000万年前的它们的祖先要高大得多。物种选择论科学家反对这是由于一直以来的个体优势形成的这个观点,他们认为,化石的这种趋势并不能表明高大的马的个体比此物种内的其他矮小的个体一直更有优势。他们认为发生的是以下事实:存在着很多物种,也就是有一个物种池。在某些物种中,平均体型都很高大,而在另外一些物种中,平均体型都很小(或许是因为在某些物种中,体型大的个体更合适,而在另外一些物种中,体型小的个体则更合适)。体型大的物种比起体型小的物种来说,其灭亡的可能性要小很多(或者说产生新的像它们本身的物种的可能性要大)。那么,究竟物种发生了什么变化呢?根据物种选择论的科学家的观点看来,对于化石记录的这种动物的体型变得高大的趋势是平均体型逐渐增大的物种的演替。甚至可能在大多数物种中,小的个体更利于生存,然而化石趋势可能只是有利于体型大的躯体。换句话说,物种的选择可能更有利于物种里的那些少数物种,而少数物种中,大型个体更利于生存。实际上,这个观点完全是一派胡言,是早在现代的物种选择论提出之前由新达尔文派理论家乔治 C.威廉提出的。

可以这么说,在所有物种选择的例子中,我们观察到的不是演化趋势,而是事物发生的顺序,比如越来越大的植物作为一片荒芜的野草地接连地被小种子、大香草植物、灌木丛,甚至正值壮年高峰期的森林里的树木嫁接的趋势。当然,你也许称之为发生的顺序或者进化的趋势。物种选择论科学家可能充分相信这种趋势,

像化石学家那样常常研究化石记录的一系列的岩层的那种趋势。然而,没有人想说物种的选择对解释进化论中复杂的适应性改变很重要。

复杂的适应性变化在大多数例子中不是物种的特性,而是个体的特性。物种并没有眼睛和心脏,而其中的个体则有这些。如果一个物种死亡是由于视力差的话,那么这个假设就意味着那个物种中的每个个体均死于视力差。视力的好坏程度是动物个体的特性,物种能有什么样的特性呢 答案应该是影响物种生存和繁殖的特性,也即是它们能对个体的生存和繁殖产生影响的最低限度的特性。在以上假设的马的例子中,我认为个体体型大的物种比起个体体型小的物种来说灭绝的可能性要小很多。但这一说法没有说服力,因为很难回答为什么物种的生存能力应该与物种存活的个体成员数目断裂开。

检验物种层次上的特性有一个更好的例子,见如下的假设 假设在某些物种中,所有的个体依靠同样的方式生存,例如所有的考拉熊靠桉树为生,而且只吃桉树叶子。像这样的物种就可以称为统一化物种。而另外一些物种则可能包含了多样化个体,这些个体靠不同的方式为生。每一个个体都可能是一个像考拉熊一样的专门化的个体,但是这个物种中的某些成员只吃桉树叶子,另外一些则只吃小麦,还有一些只吃马铃薯,再有一些只吃酸橙皮,等等不一而足。我们称第二类物种为多样化物种。考拉熊完全只依靠桉树生存,而一场类似于荷兰的榆树疾病的桉树瘟疫就可能结束它们。与此相反,多样化的物种中总有些成员能从一场植物类的疾病中幸免于难,从而物种能够继续下去。我们不难推断出多样化物种比统一化物种更可能繁衍出新的后代物种。这是

一个物种层次上选择的真实案例。不过,像这样的物种层次上的特性的例子很少,简直就是很稀有。

美国进化论科学家埃格博特 · 利提出了一个十分有意思的理论,尽管早在'物种选择'开始流行时他就提出了这个理论。这个理论可以解释为一个真实的、物种层次上可能的选择的候选案例。利对动物不断生长、进化论中个体无私心的行为这个问题很感兴趣。他正确地认识到,如果个体的利益与该物种的利益发生了冲突,个体的利益——短期的利益一定会获得胜利。似乎没有什么能阻止这种自私的基因的前进。但是利又做出了以下有意思的推断:一定有某些组织或物种,就像发生的那样,对个体最有益的恰好与对这个物种最有益的相吻合了。并且,还有另外一些物种,其中的个体利益碰巧与物种的利益大相径庭,如果外部条件相同的话,第二种类型的物种当然最有可能灭绝。那么,一种物种选择的方式可能对要求以个体牺牲为代价的物种不利,但对那些不要求个体牺牲利益的物种有利。我们看到了表面的无私个体行为的介入,因为物种选择更青睐这些物种,这些通过它们本身表面上的利他主义最大限度保全个体利益的物种。

或许最富戏剧性的一个有关物种层次特性的例子是涉及到繁殖方式的,即有性和无性。限于篇幅有限,我不能够再深入讲述性生殖的存在对达尔文理论是一个多么巨大的难题。很多年前,R.A.费歇尔总是对任何有关选择等级高于有机个体的思想充满敌意,而且总是随时准备以有性生殖这个特例来反驳。他认为,有性生殖能比无性生殖更快地繁殖物种。我同样不再深入讨论这个问题(他们并不像人们想像的那样简单)。进化是物种的行为,而不是有机个体的行为:你不能说一个有机物进化。费歇尔

认为物种层次的选择部分解释了现代动物中有性生殖十分常见的原因。如果是这样的话,我们研究的就是单一步骤的选择,不是累积的选择。

根据那个论断,发生无性繁殖时倾向于灭绝,因为它们不能迅速生长,与变化的环境保持步调一致;有性繁殖则不容易灭绝,因为它们能够迅速成长,赶上环境变化。因此,在我们周围所见的大部分都是有性繁殖。但是,这两个系统的' 进化 '比率不同在于普通的达尔文进化论是在个体层面上通过累积选择。物种的选择,正如它现在这样,是简单的单一步骤的选择,在两种特性:无性和有性、缓慢进化和快速进化之间选择。性特征、性器官、性行为和性细胞分裂的细胞组织被标准的、低层面上的达尔文累积选择聚拢到一起,而不是被物种的选择聚拢到一起的。无论如何,就如它现在那样,人们意见一致地反对旧理论,反对性能力是由某种组织或者物种层面上的选择保留下来的旧理论。

总结有关于物种选择的讨论,我们能够解释世界上任何时期的物种存在的形式了,也能解释随着化石记载反映的年代变迁物种改变形式的奥秘了。但这并不是复杂的生命机制在进化过程中的主要动力。它所能做的是在不同的复杂机制中做出选择,假设这些复杂机制已经被正确的达尔文选择整理出来了。正如我已经提出的那样,物种选择可能会发生,但是它似乎并不能产生什么影响!现在回到我们分类和分类方法的主题上去。

我曾经说过,根据进化枝分类有比图书馆管理员的分类方式强的优点,因为这是独特的、真正的、实质上分等级的嵌套形式,有待人们去发掘。我们必须做的就是找到发现它们的方法。不幸的

是有很多实际的困难。分类学中最有意思的怪物是进化的趋同性。这是一个很重要的现象,我已经花了半章的篇幅来讨论它。在第四章中,我们曾看到一次又一次地有的动物竟然和世界上其他地方的没有关系的动物如此相似,因为它们有着类似的生活习性。新世纪的食肉蚂蚁与古世纪的行军蚁十分相似。惊人的相似还发生在毫无关系的美洲和南美洲的电鱼、真狼族和有袋的塔斯马尼亚狼身上。在所有这些例子中,我可以毫无理由地断定这些相似点是动物的趋同演进化,它们都是单独地从毫无关系的动物进化而来的。我们又如何知道它们没有关系呢?如果分类学家使用相似性来衡量同源关系的亲近性,为什么分类学家没有被这种惊人的、似乎能把这成对的动物统一起来的相似性所愚弄呢?或者把问题曲解了,使它变成了一个更令人担忧的形式?当分类学家告诉我们那两类动物真的紧密联系——例如说家兔和野兔——我们又如何知道分类学家没有被大量的趋同性所愚弄呢?

这确实是一件令人担忧的事情,因为分类的历史充满了后来的分类学家完全因为这个缘故宣布他们前辈的观点是错误的这类的例子。在第四章,我们看到了一位阿根廷分类学家宣称滑距兽祖先正是马,而如今它们被认为是动物的趋同性所致。非洲的豪猪很久以来一直被认为与美洲的豪猪紧密联系,但现在这两组动物被认为毫无关联地产生了它们自身带刺的外表。推测起来,可能刺对这两种生活在两块大陆的动物因为相似的原因十分有用吧。谁能说未来的分类学家不会再改变他们的思想?如果趋同性进化是带有欺骗性的相似性这样一个强有力的假象,在分类学上我们又有什么信心呢?我个人感到乐观的原因主要是因为建立在分子生物学基础上的强有力的新技术前景的到来。

总结一下前几章的要点,所有的动物、植物和细菌,无论它们看起来多么地彼此不同,当我们深入到分子基础上时,都是惊人地一致。最具戏剧性的还要数遗传编码本身。遗传字典里有 64 个含三位的 DNA 代码。其中的每一个代码能精确地翻译成蛋白质语言(或者是一种特殊的氨基酸,或者是一种标点符号)。这种语言和人类语言一样具有随机性(例如" 房子 "的发音没有任何固有的缘由在里面,也即是说,并不能马上让人们想到任何关于" 房子 "的特征来)。假设这是一个有巨大意义的事实,那就是每一种生物,无论它们外表有多么大的差异,在基因这点上它们几乎" 语言 " 相通。基因编码是普遍存在的。我认为可以下这样的结论:所有的有机生物都起源于同一种简单的祖先。在同一个字典里,任意一个编码出现两种意义的可能性几乎很小。就如我们在第六章中看到的,可能曾经有其他使用不同基因语言的有机生物存在过,但是它们早就已经灭亡了。所有的有机生物起源于一种单细胞的祖先,并从它身上遗传了一种虽然随机性强但几乎可以识别的基因字典，其中的 64 个 DNA 编码中的每一个编码都可识别。

想一想这个事实带给分类学的影响吧。在分子生物学以前，动物学家只能确定在解剖学上有很多共同特征的动物为同源动物。分子生物学突然打开了一只" 百宝箱 ",扩展了由解剖学和胚胎学建构起来的贫瘠的清单。遗传基因字典中共同的这 64 个识别码(相类似是一个经不起推敲的字眼)只是掀起了一个开端,分类学由此被改变了，曾经看似模糊的、猜测的同源关系一下子变成统计性的确定了。

基因字典几乎完全是逐字逐字的解读性对分类学家太有帮助了。

生物学曾经告诉了我们所有的有机生物都是同源动物,但是它不能告诉我们哪两种生物比和别的生物的关系更亲近。但分子生物学提供的信息能告诉我们,因为它找到了不同的相似程度而不是总体的辨认特征。记住,基因译码器是蛋白质分子。每个蛋白质分子是一个句子,一个来自字典里的氨基链。我们可以按照翻译过的蛋白质形式、或者原来的 DNA 形式来解读这些句子。尽管生物有共同的字典，但是它们并不用共同的字典造相同的句子。这就给我们提供了解答同源动物差异性的机会。蛋白质句子尽管各不相同，但在总体形式上很相似。在任何两种有机物中,我们总是可以找到极为相似的句子,几乎是同一个遗传语句明显的"断章取义"。我们已经在母牛和豌豆组蛋白的细微差别上看到了这一点。

分类学家现在完全可以像对比头盖骨和腿骨一样对比分子语句了。蛋白质或者 DNA 的相似程度高的,被认为是关系相近的同源动物,相似程度低的,被认定为同源关系较远。这些语句都是由编码组成的，这些编码来自普遍公认的不超过 64 个编码的字典。现代分子生物学的优点在于我们能够准确地衡量两种动物之间的区别,这是由语句的准确编码数实现的,而编码数恰恰是它们之间的区别。在第三章中的遗传的多维空间,我们可以准确地测知需要多少步骤才能把一种动物同另外一种动物区分开,至少是关于某种蛋白质分子。

使用分子系列的另外一个优点是，根据一个有影响力的遗传学派:"中立主义者"(我们将在下一章中见到这个词)绝大多数在分子层面上的进化发生时是中立的。这意味着不是因为自然选择而是因为有效的随机性,所以除了偶尔的坏运气,动物趋同性这

种吓人现象不会误导分类学家。一个与此有关的事实是,在广泛的不同动物群体中,任何一个分子都可能以一种持续不断的速度进化。这就意味着在两种动物的分子—— 比如说人类的细胞色素和疣猪的细胞色素—— 上的不同点是衡量从它们的共同祖先开始已经经过的时间的好办法。我们有一个很精确的" 分子钟 ",这个分子钟不仅可以让我们找寻与动物有关的祖先,而且可以让我们估计这些祖先大约生活在哪个年代。

在这一点上,读者可能会被表面的不连续性所迷惑。这本书把自然选择摆在高于一切的重要位置,我们又如何能把在分子层面上进化变化的随机性摆在重要位置呢?期待着第十一章能在论述关于进化的适应性方面没有争议,进化的适应性是本书的主题。即使最富有激情的中立主义者也不认为复杂的运动器官,像眼睛和手是随波逐流进化而来的。每个明智的生物学家都同意这些只可能由自然选择进化而来。在我看来,只有中立主义者正确认识到了这种适应性其实只是冰山的一角 很可能绝大多数进化的改变,当你在分子层面上看到时就已经没有功效了。

既然分子钟是一个事实—— 看起来似乎每种分子每一百万年以符合自身特点的变化速度在改变—— 我们可以给进化树定出每个分枝点的时间。如果大多数进化发生在分子层面上是中立的,而且它是事实的话,对分类学家来说,这是一个绝好的礼物,它意味着趋同性的问题被统计学一扫而光。每一种动物都有大量写在自身细胞中的遗传文本。根据中立主义学者的理论,大多数文本与适合奇特的生活方式无关,这些文本大多是自然选择涉及不到的,大多也和趋同性进化不相符—— 除非是一种纯粹的机遇。两种文本没经自然选择却能够彼此相似的几率是可以计算出来

的,而这种几率当然很低。分子进化的持续率实际上可以让我们更好地确定出进化史上分杈点的时间。

要夸大新分子系列解读技术带给分类学家的武库里的额外能源很难。不是所有在动物体内的分子语句都被译解了,而只是那些可以走进' 图书馆 '并在里面逐词逐句、注意措辞地查阅一只狗、一只袋鼠、一只多刺的食蚁动物、一只小鸡、一条毒蛇、一只蝾螈、一条鲤鱼甚至人类的血红蛋白语句。不是所有的动物都有血红蛋白,但是有其他蛋白质,例如组蛋白,其中的一个版本存在于每种动物和植物中,并且其中很多能在' 图书馆 '中被找到。这些不是模糊的衡量手段,像腿的长度、头盖骨的尺寸,它们的尺寸随着年龄和标本的健康程度、甚至衡量者视力的好坏而改变,都是同一种语言中相同语句的不同的、罗嗦的可选版本,它们可以并列放置,彼此对比就完全和挑剔的希腊学者比较同一本福音书的两张羊皮纸那样仔细。DNA 系列是所有生命的福音书文件，而且我们已经学会了如何去破译它们。

分类学的基本假设是相近的同源动物将比较远的有更相似的特定分子语句。这被称为' 吝啬原则 '。吝啬是经济上节俭、节约的别名。假如给出一系列动物，它们的语句已经知道了，比如说 8 种动物被列在前一个语句中,我们的任务是发现所有可能的树形图中哪部分与那 8 种动物连接是最吝啬的。最吝啬的树形图就是按假设来讲,它是' 经济上最节俭吝啬的 '树形图,即在进化的变化中字符改变最小、趋同性最小。我们在纯粹可能性的基础上可以假设趋同性的最小量。如果大量的分子进化是中性的,两种没有关联的动物就不可能达到相同的序列,也就是达不到字符对字符、字母对字母的相同。

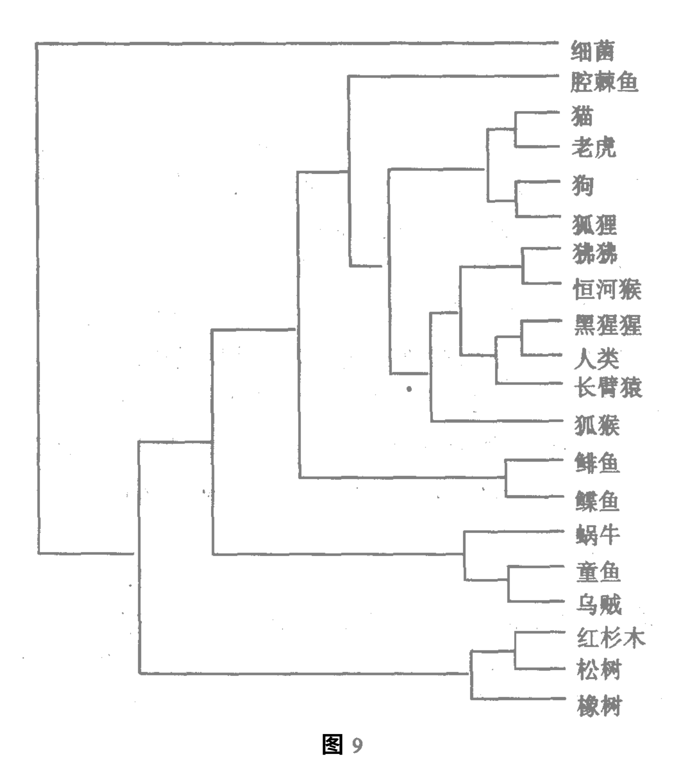


图 9

试图找到所有可能的树形图，这在计算上会有困难。如果有三种动物需要归类的话，那么可能的树形图就只有三个：A 和 B 连线排除 C;A 和 C 连线排除 B;B 和 C 连线排除 A。如果有很多动物要归类，你也可以按照这样的计算方法，当然可能的树形图就会不断地增加。当只有 4 种动物需要归类时，总共可能的同源动物树形图的数目还可以控制，只有 15。这花不了计算机很多时间来计算出谁是最吝啬的 15 个。但是如果有 20 种动物需要归类，我想可能的树形图的数目是 8 200 794 532 637 891 559 375（82 亿兆）（参看图 9），当今最快的计算机也要花 100 亿年的时间，大约是宇宙的年限，才能找到这 20 种动物可能的最吝啬的树形图。

而我们的分类学家常常需要组建多于 20 种动物的树形图。

尽管分子分类学家是第一个画出这么多树形图的,但是发展出更多、更大数目的树形图这个问题早已经潜伏在非分子分类学内了。非分子分类学家通过直觉简单地回避了这个问题。在所有可能的树谱中,很多可以被立即消掉——例如数百万的将人类和蚯蚓的关系摆在比人类和黑猩猩的关系还要接近的树谱。分类学家不用费事地去考虑那些同源动物关系明显荒唐的树图,而是直接找出那些不太违反他们先入为主概念的少数树图。这样做相对合理,尽管可能有把确实是最吝啬的树图排除在考虑之外的风险。计算机也能被设定程序来制造捷径,而且发展大数目的问题也能迎刃而解。

分子信息如此丰富,以至于我们能一遍又一遍地给不同的蛋白质做分类。我们可以用从一个分子的研究中得出我们的结论,作为我们在研究另外一个分子的基础上得出的结论的验证。如果我们怀疑蛋白质分子透露的信息是被趋同性混淆了,我们可以立即通过查看其他蛋白质分子来检验。趋同性确实是一种特殊的巧合。这种巧合就在于即使它们曾经发生过,它们再次发生的可能性很小,更不可能第三次发生。找到了越来越多的单独的蛋白质分子，我们仍然不能去除这种巧合。

例如,在新西兰一个生物学小组的一项研究中,给 11 种动物分类,用了 5 种不同的蛋白质分子分别用了 5 次实验。11 种动物分别是绵羊、恒河候、马、袋鼠、耗子、兔子、狗、猪、人类、母牛和黑猩猩。主要思路是用一种蛋白质先把这 11 种动物的关系树图画出来。然后再看看用不同的蛋白质是否能得出同样的树图。从

理论上来说，如果进化论不是真实的，5种蛋白质的每一种可能给出一个完全不同的‘关系’树图。

所有11种动物的5种分子系列都能在‘图书馆’查到。对11种动物，有654 729 075种可能的关系树图要考虑在内，因而不得不采用通常的捷径。对5种蛋白质分子中的每种，计算机都可以打印出最吝啬的关系树图，这为在这11种动物之间找出正确的关系树图提供了最好的猜测。我们所希望的最接近的结果是所有的5种估计的树图容易识别。靠单纯的运气得出这种结果的可能性微乎其微：十进制点后面有31个零。如果我们不能得出如下完美无缺的结论也不应该感到惊讶：一定量的趋同性进化和巧合性都是可以预料的。如果没有衡量不同树图之间的一致性的物质手段的话，我们就该感到忧虑了。事实上，这5种树图被证明不易识别，它们十分相似。所有5个分子表明人类、黑猩猩和猿猴彼此接近方面是一致的，但一些不一致的地方表明动物不是最接近这个组：血红蛋白B表明狗是，血纤维蛋白肽B证明耗子是，血纤维蛋白肽A表明一个包含耗子和兔子的组是；血红蛋白A证明耗子、兔子和狗是。

人和狗有一个确定的共同祖先，和耗子有一个另外的共同祖先。这两个祖先在历史上某个时期真实地存在过。其中一个存在的时间比另外一个要早些。因此，或者是血红蛋白B、或者是血纤维蛋白肽B在估计进化关系时是错误的。我们期待着一定数量的趋同性和巧合性。如果我们真的和狗是接近的话，从血纤维蛋白肽B来看，就意味着我们和耗子汇聚在另外一点；如果我们真的接近于耗子的话，从血红蛋白肽B看来，这意味着我们和狗汇聚于另外一点。我们得出结论是：通过观察另外的分子看两种中

哪种更相似。我不穷究这个问题：观点已经给出了。

我曾经说过，分类学是生物学领域里最难对付的恶劣角色之一，斯蒂芬·库德用‘名字和污秽’形容它的特点最为妥贴。分类学家似乎对思想派别充满激情,这是一种我们在政坛或者经济领域所能见到的激情,但在科学领域我们通常见不到这种激情。很明显,每个分类派别的成员认为他们是倍受围攻的难兄难弟,就像是早期的基督徒那样。我首次意识到这个问题是一个熟识的人告诉我脸色发白、垂头丧气的某某(名字无关紧要)已经走入进化枝学的时候。

下列对分类学几个学派的思想的描述可能会令这些学派的成员感到恼火,但不会比他们习惯性的互相攻击惹恼彼此更甚,因此不会造成不适当的伤害。基于他们的基本逻辑,分类学家分成了两大阵营。一方面认为分类学的目标是发现进化的相互关系,他们坚定不移。对他们来说(对我也是)一个好的分类树图是一张进化关系的家谱图。当你做分类时,你会使用所有所能支配的方法去尽量猜测一种动物和另外一种动物的关系亲近程度。很难给这些分类学家取一个名字,因为这个明显的名字‘进化的分类学家’已经被一个次一级的学派占用了,他们常常被称为‘种类学家”。就此程度来说，我写这一章是从一个种类学家的观点出发的。

还有很多分类学家以不同的方式进行着他们的研究,而且有一定的依据。尽管他们可能同意从事分类研究的最终目的是发现进化关系的奥秘,但是他们坚持把分类实际和理论分离——假设的进化理论——一种通往相似模式的分类理论。这些分类学家凭

自身的能力研究相似的模式。他们预先并不估计这种相似的模式是否是由进化的历史导致的,或者相近的相似关系是否是由于相近的同源动物关系。他们更喜欢只用相似性来构建他们的分类学。

这样做的一个优点是,如果你对进化论有任何疑义的话,你可以用相似性的模式来检验。如果进化是正确的,动物之间的相似性就应该符合某种可以预测的模式，尤其是分等级的嵌套这种模式 如果进化论是错误的,天知道我们应该期盼着什么样的模式,但是我们没有明显的理由期待着嵌套式分等级模式的成立。如果假设进化论贯穿你的分类过程,这个宗派认为,你就不能使用你的分类工作的结果支持进化论的正确性 那么,这个争议将会是循环的了。如果任何人非常严肃地怀疑进化论的正确性,这个争议将有压力了。我们再一次地很难给这个分类派别找到一个合适的名称。我称他们为‘ 纯相似衡量者 ”。

种族学家,这类分类学家公开地试图发现进化关系,在思想上又分成了两大派系。他们是进化枝学家和‘ 传统的 ’进化论分类学家。前者遵循维力亨尼格著名的《种族系统学》书中放弃的原则,而进化枝学派又被分支所困扰。对他们来说,分类学的目的是找到次序,在进化史中血统彼此分离出来的次序,并不关心从节点处开始这种血统多么显著或者微小地改变了。后者(不要轻视这个名称)区别于前者的地方主要在于他们不把进化的分支种类作为惟一的考虑对象。他们还考虑在进化过程中发生的所有的变化量,而不限于分支。

进化枝学家认为，关于有分杈的树图正是他们的工作的开端。他

们理想地试图记下所有他们研究的动物的可能分杈树图(只限于有两个分杈的,因为每个人的耐心是有限的)。正如我们在讨论分子分类学时所见到的，努力地想把很多动物归类是很困难的，因为可能的树图的数量变得像天文数字一样大。幸运的是我们有一些捷径和可行的近似方案,这就意味着这种分类法在实际上可以做到。

假如,针对这个争议,我们试着把鱿鱼、青鱼和人类这 3 种动物分类。有 3 种可能、有两个分杈的树图：

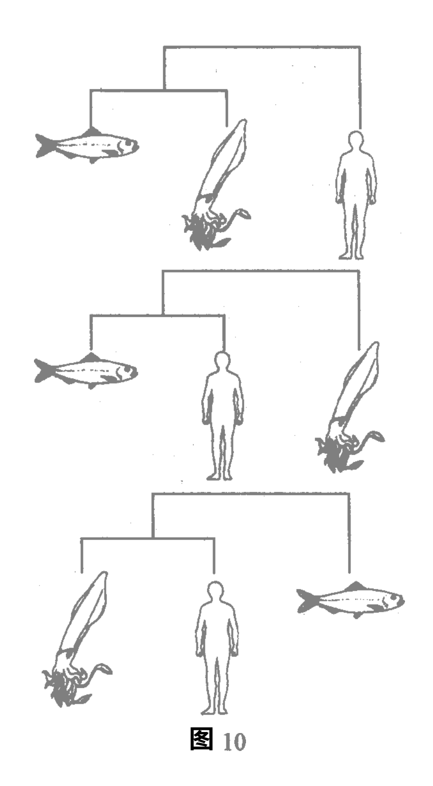


图 10

- 鱿鱼和青鱼关系更接近，人类是组外成员；
- 人类和青鱼关系更接近，鱿鱼是组外成员；
- 鱿鱼和人类关系更接近，青鱼是组外成员。

进化枝学家会依次观察这三种可能的树图并选择出最合适的。怎么辨认最合适的树图呢?基本上来讲,是共同点最多的两种动物能被归到一起的那种树图。我们给第三种与另外两种的共同点最少的动物命名为"组外"成员。在以上树图中,第二个树图最被看好,因为人类和青鱼比鱿鱼和青鱼或鱿鱼和人类有更多的共同点。鱿鱼是组外成员是因为它与人类或者青鱼没有太多的共同点。

事实上，问题并不像数数共同点的数量那么简单,因为某些共同点被故意忽略了。进化枝学家想给予近期发生的特征以特殊的重视,例如古代从第一类哺乳动物身上遗传下来的特征对给哺乳动物分类是没有用处的。他们用来决定某特征是否是古代遗传过来的方法是有趣的,但谈论这些就偏离了本书的主题了。这一步的关键是,至少在原则上是进化枝学家考虑所有可能把他们研究的动物联系起来的分权树图,并且选择一个正确的树图。真正的进化枝学家对他们认为分权树图或者进化分枝图是家谱图、是进化的同源动物的近源关系的家谱图这点确信不移。

如果推到极端，分权本身带来的困扰就能给出一个奇怪的结论。理论上讲,一个物种可能在每一个细节上与它的血缘关系较远的同源动物是相同的,同时与它的血缘关系较近的同源动物有天壤

之别。例如,假设有两种十分相似的鱼种,我们称它们为雅各布和以扫。它们生活在 3 000 万年前。这两个物种繁殖了数代子孙,一直存活到现代。以扫的后代停止了进化,就是说它们继续生活在深海里而没有进化。结果就是以扫的现代子孙和以扫是完全相同的，因此它们和雅各布十分相似。雅各布的后代进化了,也养育了很多后代。它们最终进化成为了所有现代的哺乳动物。但是雅各布的一支血统的后代也在深海停止了进化,并且它们现代的后代也生活在深海,这些后代还是鱼类,因此和以扫的后代十分相似以至于它们很难被区分开。

我们如何给它们分类呢？传统的进化分类学家可能认识到原始的雅各布和以扫的深海后代有惊人的相似，会把它们归为一类。而严格意义上的进化枝学家则不会这么分类。雅各布的深海后代看起来很像以扫的深海后代,至少它们应该是关系相近的哺乳动物,它们和哺乳动物共同的祖先生活在更近的现代,即使比它们和以扫的后代更稍微接近现代。因此,它们必须和哺乳动物一起被拿来分类。尽管这看起来很奇怪,但是从个人角度讲,我能把这当平常事看待。这至少是十分符合逻辑的，也是十分清楚的。当然,进化枝分类和传统的进化分类都有优点,我不在乎人们如何给动物分类，只要他们能清楚地告诉我他们是如何分类的。

现在让我们再来看看另外一个主要的派别,纯相似衡量者。他们又可以分为两大派。当他们分类时,这两个分派一致把他们实际的研究和进化论分割开了。但是,他们的分歧在‘ 实践 ”上。一个分派的分类学家有时被称为‘ 表现型分类法学家 ”,有时被称为“ 数字的分类学家 ”。我称他们为‘ 平均距离衡量者 ”。另外一个

分派称他们自己为‘改变的进化枝学家’。这是个很差的名字,这是说他们已经不是进化枝学家了。当朱利安·赫胥黎引进进化枝这个术语时,他十分清楚、明确地给进化的分枝和进化的祖先下了定义。一个进化枝是所有有机生物起源于某个特定的祖先的一个系列。既然‘改变的进化枝学家’的要点是要避开所有进化论和祖先的观点,他们就不能明智地称他们自己为进化枝学家了。他们这样做的原因是有来历的:他们开始时是真正的进化枝学家,在继续使用进化枝学的一些研究方法同时又抛弃了他们的基本哲学和理性。我想我不得不称他们为‘改变的进化枝学家’,尽管我很不情愿这样做。

平均距离衡量者拒绝在分类过程中使用进化论(尽管他们都相信进化论)。他们一贯坚持的是他们都不认为相似模式有必要是完全分杈的、分等级的。他们努力引进一种能够揭示一种分等级的模式,如果真有这样的模式存在的话,但如果没有,他们就不会这么做。他们竭力地想向自然询问:自然是否是按照等级组织起来的。这不是一项容易的工作,而且,要达到这个目的没有现成的方法。至少这个目的对我来说似乎是必须抛开先入为主的僵局思想。他们的方法常常很复杂,要用数学方法,而且像对给非生物,例如岩石、建筑遗址分类一样给有机生物分类。

他们通常从给他们所能衡量的动物开始。你必须对如何破译这些衡量手段了如指掌,但是我不打算深入探讨这个问题。最后的结果是所有的衡量手段联合起来产生一个每种动物和另外一种动物的相似性的索引(或者它的反面,不同点的索引)。如果愿意的话,事实上你能够使这些动物实现可视化,就如同太空中的很多点,耗子、鼠类动物、大颊的鼠类等可能在太空中某一部分被找

到 在另一部分更遥远的地方可能有更小的点,这个点由狮子、老虎、豹子、印度豹等组成。当它们大量的特征被汇拢时,太空中任意两个点之间的距离是衡量这两种动物的相似程度的媒介。狮子和老虎之间的距离很小，耗子和鼠类动物之间的距离同样很小,但是耗子和老虎之间、或者鼠类动物和狮子之间的距离就很大。这种把特征汇聚到一起的工作通常要求助于计算机才能完成。动物分布其上的太空有点像生物形态岛,但是‘ 距离 ’反映的是身体上相似而不是基因上相似。

计算出了一种动物和另外一种动物之间的平均相似性（或者距离)后,计算机下一步就要设计出扫描距离／相似性的程序,并且竭力使它们符合一种分等级的组成群模式。不幸的是,总是有很多关于究竟采用哪一种计算方法来寻找群的矛盾。没有哪种方法是明显正确的,而且每种方法不一定都给出相同的答案。更糟糕的是,有可能某些计算机的方法在希望‘ 看到 ’分等级安排的群中‘ 热心过度 ’,即使这些群并不存在。近来,距离衡量派或者‘ 数字上的分类学家 ’变得有些落伍了。我的观点是 正如流行时尚一样,落伍不过是暂时的阶段,这种‘ 数字上的分类学家 ’也决不会轻易被取消。我预测它会再流行。

另外一个纯理论衡量者的学派，自称自己为“ 改变的进化枝学家 ”。‘ 嵌套 ’正是主要从这个学派内部来的。我将不会按照俗套从真正的进化枝学派内部起追溯它们的历史。在他们潜在的哲学下,改变的进化枝学家与另外一个纯理论的衡量者学派有更多的共同点,这另外一个学派就是常常被称为‘ 种族学 ’或者‘ 数字上的分类学 ” 的，也就是在平均距离衡量者的主题下讨论过的。他们的共同点是不想把进化论拖入分类的实际中去,尽管这不会

给进化论思想本身带来的敌意。

改变的进化枝学家与真正的进化枝学家在他们的很多实际方法上有共同点。两者都认为分类是从分权的树图开始的。两者都指出了某些特征对分类的重要性,另外一些对分类是无用的。他们在理性上有所区别,并且区别对待。像平均距离衡量者,改变的进化枝学家并不打算找到家谱。他们只是寻找单纯相似的树图。他们与平均距离衡量者都同意把是否相似的模式反映了进化史的问题公开化。但与平均距离衡量者不同的是,他们至少在理论上更愿意让自然告诉他们自然是否是按照等级分布的,而改变的进化枝学家假设自然是按照等级分布的,有一种公理、一种信仰伴随着他们,事物都是要被归入等级的(或者相对等地被归入嵌套的套中),因为分权的树跟进化枝没有关系,也没有必要把它运用于生物。根据改变的进化枝学家倡导的理论,他们的方法不仅能运用于给动物、植物分类,而且能运用于给石头、行星、图书馆的书和青铜年代的罐子分类。换句话说,他们可能不同意我在图书馆对比中阐述的进化论是分等级分类的惟一坚实根基的观点。

平均距离衡量者衡量每种动物与另外一种动物之间的距离。在这里,距离‘ 远 ’意味着‘ 不相似 ”,距离‘ 近 ’意味着‘ 相似 ”。只有这样,在计算出一定数量动物的相似性的平均索引后,他们开始竭力破译在分权的、群中有群的分等级或‘ 树形图 ’的结论。改变的进化枝学家却像真正的进化枝学家曾经做的那样,在一开始就把群的观念、分权思想引入理论中,像真正的进化枝学家,他们至少在原则上将以写下所有可能的分权树图作为开端,然后选择一个最合适的图。

但是，当他们考虑每个树图的时候，他们谈论些什么呢？每个树图与世界上哪种猜想的情况对应呢？对于一个真正的进化枝学家、一个维力亨尼各的追随者来说，答案是非常明确的。每 15 种可能的树图统一 4 种动物，代表着一个可能的家谱。在这统一 4 种动物的 15 种可能的家谱中，有且只有一个家谱图是正确的。动物的祖先确实在世界上有生存的历史。 8 种动物的达到定点的所有 135 135 种可能的家谱中，135 134 种是错误的。只有一种代表了历史的真实性。要确定哪一种才是正确的不是很容易，但是真正的进化枝学家至少能够确定哪种不比另外剩下的正确。

在进化论世界中，对于改变的进化枝学家来说，那 15 种（或者 135 135 或者别的）可能的树图和那惟一正确的一种树图对应什么呢？正如我的同事和以前的学生马克 · 瑞德利在他《进化论和分类》一书中指出的那样，答案也没有什么特别的。改变的进化枝学家拒绝让祖先的观念进入他的考虑范围；"祖先"对于他们来说是个肮脏的词汇。另一方面，他坚持分类是分杈的、分等级的。所以，如果 15 种（或者 135 135 种）可能的分等级的树图不是祖先历史的家谱图，那它究竟是什么呢？没有什么可以解释的，只是吸引了一些有糊涂思想的唯心主义的古代哲学家，他们或者认为世界是分等级地组织起来的，或者认为世界上的万事万物都有它的对立面，像神秘的"阴"和"阳"。他们不能再具体深入地探讨了。改变的进化枝学家要在非进化论领域内做出强烈而清楚的论断当然是不可能的，像"在统一了 6 种动物的 945 种可能的树图中只有 1/945 是正确的，剩下的都是错误的"这样的论断他们是作不出来的。

对进化枝学家来说，为什么祖先是一个肮脏的词汇？不是（我希

望)他们不相信存在任何祖先。如果只在实际分类中涉及到这个问题,也无可非议。因为没有进化枝学家会真的把有血有肉的祖先画在家谱上,尽管传统的进化论分类学家有时候这么做。所有派别的分类学家把真实的、被观察到的动物之间的关系视为同源动物关系,这是一种形式。这完全讲得通。不明智的是继续这种观点并避讳使用祖先的观念、在采用分等级的分杈树图作为你分类的基础时避讳使用祖先的语言。

最后，我几乎忘记了分类学中改变的进化枝学派最古怪的方面。不满于一种近乎完美的明智想法,这种想法是来自分类实际的进化论和祖先的猜想,这种猜想与种族学派的‘ 距离衡量者 ’相同,一些改变的进化枝学家已经走到顶点,并且得出进化论本身一定有问题的结论 事实太奇怪了,以至于我们不能确认 :一些最主要的改变的进化枝学家表示了对进化论思想本身的实质性敌意,尤其对达尔文进化论的敌意。他们中的两人,来自纽约美国自然博物馆的 G. 纳尔逊和 N. 普拉尼克走得得太远，以至于这么写“ 达尔文主义……简而言之,已经被测试过,并且被证明是错误的。’我很想知道这个“ 测试 ’是什么,而且我也很想知道纳尔逊和普拉尼克采用哪种理论、如何解释达尔文主义解释的现象,特别是适应性这个复杂的问题。

任何进化枝学家都是忠于自己所创造的学说。我认为他们都过度地沉醉于生物学分类学的思想中。如果他们忘掉进化论,尤其在考虑分类时决不使用祖先的观念的话，他们能把分类做得更好。同样地,一个学神经细胞的学生可能觉得思考进化论没有帮助,而神经学的专家同意他的神经细胞是进化的产物,但他不用他的研究中的这个事实。他需要知道更多关于物理和化学的知

识，但是他相信达尔文主义与他每天的神经脉冲研究毫无关系。这是一个可辩解的立场——你不能理直气壮地说，因为你在每日的某一个科学分支的实际领域内不必用到某个理论，那个理论就是错误的。除非你对你自己的科学分支的重要性有显著的、前景宏伟的判断。

即使那样，也是不符合逻辑的。一个物理学家当然用不着达尔文主义来研究他的物理学。他可能认为和他的物理学相比，进化论是琐碎的东西。从这个观点出发，在他看来，达尔文主义对科学来说也是无足轻重的。但是他不可以不理智地由此判断达尔文主义是错误的。而这就是改变的进化枝学派的领导者主要干的，“错误的”正是纳尔逊和普拉尼克使用的字眼。他们的词汇已经被扬声器——我在前一章已经提到过的——拾起来，而且结论已经被公开考虑。他们已经在信仰上、在创造文学方面为自己赢得了一席之位的荣誉。当一个改变的进化枝学家在我的大学里做一次客串演讲时，他赢得了本年度比其他客串演讲更多的听众！真是难以置信，不知道为什么。

毫无疑问，所有像‘达尔文主义……是已经被测试并且发现是错误的’之类的评价，都是出自一座受众人崇敬的国家博物馆内的几位德高望重的生物学家之口，这对创造说的坚持者来说无异于酒和肉，对其他对犯错误很感兴趣的人也是如此。这就是我叨扰我的读者，不厌其烦地论述改变的进化枝学派的根本原因所在。正如马克·瑞德利更温和地说的那样，以纳尔逊和普拉尼克在所著的那本书中认为达尔文主义是错误的观点看来，谁又能猜想出他们只是这个意思‘祖先物种很难摆进进化枝分类中’当然，很难阻止严格意义上的祖先的确认，有一个很好的例子可以不妨一

试,但首先必须申明 鼓励其他人得出绝对‘ 没有任何祖先 ’是使语言误入歧途和出卖真理。

现在我不得不出门到花园里刨刨坑，或者做点别的。

第十一章　对手的理论

没有一个严肃的生物学家会怀疑进化论已经发生了的事实,也不会怀疑所有的生物都是同源关系。然而,一些生物学家对达尔文的进化是如何发生的理论表示怀疑,有时候这仅仅变成了人们的口舌之争。例如,突变的进化论就是反对达尔文理论的代表。正如我在第九章中论述的，这确实是达尔文主义中一个次要部分，并且是不属于任何章节的关于对手的理论。但是有一些不是达尔文主义的另版理论,相反是直截了当地反对达尔文主义的思想理论。对手的这些理论是这章的主题。它们包括不同的版本的拉马克①学说,还有其他的观点,像‘中立主义’‘突变论’以及创造说。这些学说不断的前进,几乎成为达尔文的自然选择的备选方案。

检验这些对手理论的最佳办法就是检验他们的证据。例如,拉马克那类理论从传统上就是被反对的——而且肯定是这样——因为他们至今未能找到好证据(不缺乏基因测试,在案例中一些狂热者们准备了假证据)。在这章中,我将采用不同的方针,很大一部分原因是因为有这么多的书已经检验了证据,而且得出赞成达

①拉马克， 1744~1829,德国自然学家,提出了“生物学”“无脊椎动物”等名词。他认为生物演变有个确定的方向，就是更复杂。

尔文主义的结论。我不检验这些赞成或反对的对手的证据,而是要采用更适当的方法。我的观点是 达尔文主义是著名的惟一能够在原则上解释生命的某些方面的理论。如果我是对的,这意味着即使没有实际的证据支持达尔文的理论(当然有),我们仍然很信服地倾向于认为达尔文理论比其他对手的理论正确。

渲染这个观点的办法是做一个假设。我假设,如果在宇宙的其他地方能发现一种形式的生命,不管从细节上看是生命形态如何神秘、古怪的外星人,它们都将在一个关键方面与地球上的生命相似 它们一定经过达尔文的自然选择进化而来。不幸的是,这只是我们做的一个可能的假设,我们一生中都不可能去测试的假设,但是这仍然是使我们星球上重要的生命的真相有戏剧性解释的方式。达尔文的理论能够从原则上解释生命,再没有其他的理论能够解释生命了。我将通过讨论其他著名的对手的理论证明这一点,不是支持或者反对他们的证据,而是他们在解释生命方面的优点。

首先,我必须说明‘ 解释 ’生命是什么意思。它们当然是我们可以列举出来的生物的很多特性,而且其中有很多可能用对手的理论解释。正如我们看到的蛋白质分子分布的很多事实可以说完全归功于中立的基因突变,而不是达尔文的自然选择。但是我想挑选出一种只有达尔文的自然选择能够解释的生物特性。这个特性就是本书反复重复的主题 适应的复杂性。活的有机物在它们的生活环境下有很好的生存和再繁殖能力,它们适应手段的数量之多,从统计上看不可能一下子都发生了。顺着佩利的思路,我举眼睛为例。两只或者三只‘ 设计 ’精妙的眼睛的特性能够可以想像是纯粹由于意外的好运。它只是连琐部分的单纯数字,都适

应了观察和与其他部分相适应,这就要求有一个单纯机遇之外的解释了。达尔文的解释当然也涉及了机遇,不过是以突变的形式出现的。机遇是一代一代、一步一步,通过积累的选择筛选出来的。其他章节已经说明了这个理论能够给适应的复杂性提供一个令人信服的解释。在本章中,我将论述其他著名的理论不能做到这一点。

首先,让我们以著名的历史对手拉马克学说为例。当拉马克学说最早在19世纪初期创建时,达尔文根本就不是它的对手,因为达尔文主义还没有创立。谢瓦利埃•德。拉马克先于达尔文。他是18世纪的天才之一,他支持进化论。在这方面他是对的,而且他和达尔文的祖师伊拉兹马斯和其他人一起因此而受到人们尊重。拉马克也为进化论的结构提供了最好的理论,这是那时候的每个人都能够提出的理论。我们没有理由去假设 如果达尔文的理论结构在那时候已经存在的话，拉马克可能会提出反对意见。事实是当时达尔文的理论不存在，他的名字成了错误的代名词——他的进化论的结构——而没有记住他相信进化论已经发生的一面。这不是一本历史书,我也不打算把拉马克自己说的话做一个学术分析。拉马克的所说的话有一些神秘—— 例如,他有一种强烈的想法,认为在进化中,也和今天很多人认为的那样,有一种生命之梯 而且,他谈到在努力地——好像在某种意义上——有意识地想进化。我打算摘录出拉马克学说中那些非神秘因素，至少第一眼看上去似乎是公正地为达尔文的学说提供一种真正的补充。这些因素中,惟一被现代的‘ 新拉马克学家 ’采用的基本上是：已成习惯的特性的遗传及使用和废止的原则。

使用和废止原则认为一个有机生物的身体被使用的部分能长得

更大,那些不被使用的部分变得逐渐萎缩。众所周知,当你锻炼你的肌肉的时候,它们会变得强壮 从不使用的肌肉就会萎缩。检查一个人的身体,我们可以说出哪块儿肌肉他经常使用,哪块儿他不常使用。“人体建筑”崇拜的狂热者就利用了使用和废止原则来“建设”他们的身体,几乎像一块雕塑,按照他们那种小元文化氛围,塑身成不管多么不自然但却是时尚追求的那种形态。肌肉不是身体内惟一能做出这种反应的部分。赤足行走,你的脚底皮肤就会变得粗糙。我们可以通过双手很轻易地判断出哪个是农夫哪个是银行职员 农夫的手粗糙,而且由于长时间从事粗活长了很多老茧 如果银行职员也粗糙的话,那一定是由于写字留下的一些小茧。

使用和废止的原则使动物更适于在它们的世界里生存,更好地进化。人类通过直接曝晒在日光下或者缺少日晒,形成了特定的适合于生存的特定当地环境中的皮肤色彩。但是太过多的日光曝晒是有危害的。疯狂的喜好日光浴而肤色白皙的人很容易患皮肤癌。从另外一个角度说,曝晒于日光下的时间太少容易导致维生素 D 缺乏症,这常见于斯堪的纳维亚的黑人儿童。在日光照射下,皮肤表面合成黑色素,形成一层保护膜,防止皮下组织受到进一步的破坏。如果一个晒黑的人搬到一个阳光少的气候环境下,黑色素就会逐渐消失,从而使身体能够受益于较少的日光。这可以解释为一个使用和废止原则的例子 当皮肤被使用时,它就变黑了 当它不再被使用时就,退色成白色。当然,一些热带雨林气候下的种族,不论他们是否曝晒于阳光下,都遗传了一层厚厚的黑色素膜层。

现在让我们再看看拉马克的其他主要原则，也就是那些获得性特

征将被它们的后代遗传的思想。所有的例子都证明这种思想是完全错误的，但是在很长时间里这种观点却被人们认为是正确的。拉马克并没有发明这种思想,只是把当时的民间智慧收集汇拢而成。在某些领域，这种思想仍然被认可。我母亲有一条狗，这条狗常常假装跛子,它翘起一条后腿,用另外三条腿蹒跚而行；而一个邻居也有一条狗,这条狗在一次车祸中不幸失去了一条后腿。我母亲由此坚信邻居家那条狗是自家那条狗的父亲,理由是这条狗很明显地遗传了邻居家那条狗的特征。民间智慧和神话传说常常都是同源的,很多人或者相信或者将要相信获得的特征会遗传。直到 20 世纪，这种思想一直都是一些严肃的生物学家的遗传学的主导理论。达尔文本人也这么认为,但这不是他的进化论的一部分。因此,在我们印象中,他的名字没有和这种思想联系起来。

如果你把获得性特征的遗传与使用和废止的原则联系起来考虑，你就会体会到看起来像进化论的改进的秘诀。就是这个秘诀被人们普遍称作拉马克的进化理论。如果人们世世代代赤裸着双足在粗糙的地面上行走,按照以上理论,每代人的脚掌都会比上一代人的粗糙,每代人都比前一代人有优势,到最后,婴儿刚出生就会有粗糙的双脚(可能事实上并不是我们‘看到’的原因)。如果连续几代人都在热带雨林中经历过日晒，根据拉马克的理论，每代人都会继承前代人被晒的黑皮肤，他们就会变得越来越黑。直到有天生皮肤黑的婴儿出生(同样有可能事实上不是拉马克所说的原因)。

传说中的例子是铁匠的胳膊和长颈鹿的脖子。在村子里,铁匠继承了他的父亲的血统、祖父及曾祖父的血统,他还被认为是遗传

了他祖先训练有素的肌肉,再加上了通过他自己训练获所得的优点,从而把这些优点传给了他的儿子。短脖子的长颈鹿祖先尽力地去摘食树上高处的叶子。它们尽力地往高处伸直脖子,肌肉和骨骼伸长了,每一代的脖子都会比上一代的长一点,因此再遗传给下一代。所有的进化优点,根据纯粹的拉马克理论,都应该遵循这种规律。动物都尽力地想要它们需要的某些能力,结果是身体中尽力使用部分在过程中长得更大,或者朝着一种合适的方向改变,这种改变被下一代遗传了,因此能够传递下去。这种理论有一个优点,那就是它的累积性——任何进化论的本质成分。如果以我们的世界观看，它扮演了这个角色。

拉马克的理论似乎很能引起一些学者和外行的感情共鸣。我曾经遇到过一个同事,他是一个著名的马克思主义的历史学家,他受过良好的教育,而且博览群书。他说他懂得那些似乎是反对拉马克理论的事实,但是这个理论就真的没有任何正确之处吗?我告诉他就我个人看来没有,他不无遗憾地接受了这个事实,还说从意识形态的角度看,他希望拉马克的理论是正确的。这似乎在人道主义改良方面提出了一个积极的希望。乔治·伯纳德·肖在一本极力提倡获得性特征遗传的书(《回归玛士撒拉》)中写了一篇长达数页的序言。他的例子不是建立在生物学基础上的(他可能会欢呼雀跃地承认他没有这方面的知识),而是建立在感情上厌恶达尔文主义推断的基础上的,在‘灾难的一章’中：

> 这似乎很简单,因为你可能首先都没有认识到它所涉及的方面。但是当它全部的意义逐渐被你理解之后,你的心就会沉入到沙漠的底层。它有一种隐蔽的宿命,有着可怕的、该死的、凋逝的美和智慧、力量和意志、荣誉和灵感。

亚瑟•凯斯特勒是另外一个杰出的学问家,他不能忍受他所看到的关于达尔文主义的论断。斯蒂芬•库德颇具讽刺意味然而正确地指出 在凯斯特勒的最后 6 本书中,构建了‘ 一场反对他自己对达尔文主义的误解的运动 ’。他选择寻求一块避难所,这对我来说完全是模糊的，可以解释为一种拉马克学说的模糊的版本。

凯斯特勒和肖都是只为自己着想的个人主义者。他们有关进化论的古怪见解影响很有限。令我惭愧的是，在我十几岁的时候，我被肖那本《回归玛士撒拉》中的蛊惑之言和花言巧语蒙蔽了,以至于我对达尔文理论的理解至少推迟了一年。对拉马克的狂热激情和与之相随的对达尔文的狠毒敌意,通过强而有力的意识形态作为思想的替代物,时不时地以险恶用心给我造成影响。李森科是农业种植家,而不是政界无民族歧视的政客。他对孟德尔学派的狂热反对和他对获得性特征能够被遗传的热烈坚信,在大多数文明国家都可以被忽略，对他的名誉丝毫无损。可是不幸的是，他碰巧生活在一个意识形态重于科学真理的国家。在 1940 年,他被任命为苏联遗传学院的主任,他变得位高权重,影响极大。他对遗传的无知成为惟一被允许在苏联的学校里教授给这一代人的课程。对苏联的农业造成了难以估计的损失。很多杰出的苏维埃的遗传学家被废除、流放或囚禁，N. I. 瓦韦洛甫,一个有着世界威望的遗传学家，被关押在一间没有窗户的监牢里，由于背上了捏造的、滑稽可笑的像‘ 英国间谍 ’之类的罪名,被延长审判,最终死于营养不良。

不可能证明获得性特征决不会被遗传。同样的原因,我们不能证明神话不存在。我所能说的是没有人确信看到过神话,那些关于神话的图片都很明显是假的。合成的发现人类的足印在德克萨

斯的恐龙床上的合成照片也是一样的道理。大多数人都不会相信存在某天我会在我的花园里看到一个蜘蛛形有翼小人的可能性。获得性特征会遗传的理论的地位是很相似的。几乎所有证明的尝试都失败了。其中,有些表面上是正确的,有些被证明完全是假的。例如,由亚瑟·凯斯特勒以同名书籍叙述把印度的墨水注入到助产妇的皮下组织故事。至少，正如某人看到的那样，可能有一天当一个强盗闯入花园的时候,而他手中正好有一部相机,也许会看到花园里的神话,或者某人有一天可能会证明获得性特征会遗传。

还有一点需要补充。某些东西不会像看起来那样可靠,至少在它们没有引起问题的范围内是可信的。我没有发现蛇颈龙生活在今天的尼斯湖的证据,如果有一只被找到,我的世界观就不会被粉碎。我一定会感到惊奇(也很高兴),因为在过去的 6 000 万年前,没有发现蛇颈龙的化石,这对于数量较少的残余群体的生存来说似乎是很长的时间了。没有哪种伟大的科学原则是危如累卵的。这是一个简单的事实。另一方面,科学收集了宇宙是如何运转的较好理解,这些理解在广泛的领域里都很适合,有些主张很难被调和,或者至少很难与这些理解妥协。例如,这是一个真实的主张，有时站在伪造的圣经的土壤上，称宇宙是大约 6 000 年前被创造的。这个理论当然是未经证实的。这不仅与正统的生物学和地质学是不调和的,而且和放射物理学、宇宙学(天体距离 6 000 光年,如果没有比 6 000 年更久远的东西存在的话,天体是看不到的,银河不可能被探测到,1 000 亿个其他已经被现代宇宙学家承认的星系也不可能被探测到）同样不调和。

在科学史上曾经有这样一个时期，所有正统的科学都被推翻了，

因为一个令人尴尬的事件。可以很自豪地说,这类事情不会再发生。但是,我们自然可以很正当地要求在接受一个事实之前——一个可能成为主要的、成功的、本末倒置的科学大厦的事实之前,要求一个更高的认可标准,而不是在接受一个事实之前,一个即使很令人吃惊但是很容易被已有的科学吸纳的事实之前这样做。至于生活在尼斯湖的蛇颈龙,我情愿相信眼见为实。如果我看见一个人让自己飘在空中,在推翻整个物理学之前,我会怀疑这是自己的幻觉,或者自己是魔术伎俩的受害者。从很可能是错误的但很容易判断的理论(尼斯湖有蛇颈龙)到只有推翻成功的、正统的科学大厦才能是正确的理论有一个连续区间的统一体(人飘在空中)。

但是,现在拉马克站在这个统一体的哪块儿呢?它通常被摆在统一体中"很可能是错误的但很容易判断的理论"的一端。我想举个例子,不是和祈祷者拉马克同一个等级的,或者更明确地说不和获得性特征遗传同一个等级,它比尼斯湖的怪物更接近统一体"漂浮"的尽头。获得性特征遗传的正确或错误不易判断。我认为只有把所有珍贵的、成功的胚胎学原则都推翻了,这个理论才有可能是正确的。因此,拉马克学说必须持有高于"尼斯湖的怪物"水平的怀疑论。那么,什么又是在拉马克学说能够被接受之前必须推翻的所有珍贵的、成功的胚胎学原则呢?这需要稍微解释一下。解释可能看起来有些偏离主题,但是它的相关性在最后才能体现分明。请记住:这就是我们开始讨论之前必须干的,即使拉马克学说是正确的,也首先必须能够解释进化论的适应的复杂性。

谈论的范围该转到胚胎学的领域了。传统上在对待单细胞如何

变成成年个体的问题上有两种不同的态度。它们正式的名称是先成说和后成说,鉴于它们的现代形式,我又称它们为设计理论和秘诀理论。早期的行为学家认为，成年人的身体以单细胞活动,而且从单细胞进化而来。他们中的一人设想他能够从他的显微镜看到一个小的缩微人——个“侏儒”——盘曲在精子体内(不是卵内)。在他看来,胚胎学的发展完全是生长的过程,成年人身体的每一细节已经存在,预先形成了。假如每个雄性侏儒都有自己的超小型精子,也就是他的孩子盘曲的地方,而每个孩子包含了他的盘曲的孙子……除了这种无限的回溯问题之外,天真的先成论学家忽视了一个事实，这个问题在 17 世纪与现在都同样明显,那就是,儿童不仅遗传了父亲的特征而且遗传了母亲的特征。公平地说,还有其他的先成说学家被称为“卵源论者”,其数量远远多于“精源论者”。卵源论者认为成年人是由卵子而不是精子预先形成的。但是,卵源论者和精源论者同样苦于那两个同样的问题。

现代的先成论学家没有被这两个问题困扰，但它仍然是错误的。现代的先成论学家——设计理论——认为受精卵中的 DNA 和成年人身体中的设计是等同的。一个设计就是按比例缩小的真实事物的缩图。真实的事物——房子、汽车或者任何东西——是三维的物体,而设计是二维的。你可以用一系列的二维片断表示一个三维的物体,例如一座建筑物、一片平坦的土地、不同的向上的角度等等。这种减少维度的方法是很方便的。建筑师可以用火柴棒和轻质木材做成三维的模型,但是一套装在公文包里的在白纸上画出来的二维的——设计图——要更容易携带和便于施工参照。

如果设计图被储存在计算机的脉冲电码里,把它进一步减少至一维是有必要的,例如,设计图在被电话线传输至另一个地方时,二维的设计很容易通过重新编码成一维的‘扫描’。电视画面正是通过这种方式在空中传输的。维度压缩主要是琐碎的编码器设备。最重要的一点是在设计和建筑物之间要有点对点的对应,每一个设计的点都对应于建筑的组成点。可以说,设计是一个缩微的‘完成的’建筑,虽然这个缩微图可能被重新编成比建筑物的维度更少的编码。

提到减少设计至一维的原因当然是 DNA 是一维的代码。正是因为从理论上讲，它能够通过一条电话线—— 一种数字化的设计——来传输一种建筑模型，或者它能够通过一维的数字化的 DNA 编码来传输一种缩微的身体。这并不发生，如果它发生的话，就可以大胆地说现代分子生物学已经证实了古代的先成学说。现在让我们来思考其他的伟大的理论 胚胎学理论、渐成说、秘诀或者‘烹调书’理论。

烹调书的秘诀,无论如何都不是设计,因为蛋糕最终只能从烤箱中产生，这不是因为秘诀是一维的一串单词而蛋糕是三维的物体。正如我们看到的,完全有可能通过扫描一个程序把一定标准的模型翻译成一维的编码。但是秘诀不是标准的模型,不是对已经完成的蛋糕的描述,没有理由说是点对点的对应。它只是一套说明,如果按照说明的正确程序,就会做出蛋糕。一个蛋糕真正的一维编码设计应该由一系列对蛋糕的扫描组成,尽管有一根烧烤线有序地、横纵连续反复地通过蛋糕其中。烧烤线的点的周围的毫米间隔可以用编码记录,例如每个葡萄干和面包渣的完全等同则可以从系列的数据中获得。每个蛋糕和设计的对应点应该

有严格的匹配。很明显,这和真正的秘诀一点都不相似。在蛋糕的' 点 '和秘诀的词或字母之间没有一对一的匹配,如果秘诀绘制成什么东西的话,它不是完成的蛋糕的简单点而是制作蛋糕的过程需要的简单步骤。

我们并不能理解每种东西,甚至不理解绝大多数动物是如何由受精卵发育成动物的。基因与其说像设计图,不如说更像秘诀。确实,秘诀真是个形象的比喻,设计的比喻尽管常常被人们不假思索地用于初级教科书中,尤其在近年。但其实是错误的。胚胎的发育是一个过程。它是一个有次序的事件序列,就像制作蛋糕的过程,只是这过程中有数以百万计的步骤,而且不同的步骤几乎同时在' 盘子 '不同部分发生。大多数的步骤涉及细胞繁殖、更新大量的细胞,有些死去而另外一些与其他合成新的器官、组织和其他多细胞的结构。正如我们在前面其他章节看到的,某个细胞是如何运转的不取决于它包含的基因——因为身体里的细胞包含了同样的基因—— 而是取决于从细胞中基因的初始子集。处于发育中的身体内的任何地方,在发育过程中的任何时间,只有少部分基因会接通。在胚胎的不同部分,在发育过程中在不同的时间,其他的基因也会出现。严格地讲,哪种基因将在什么细胞什么时间被接通,取决于那个细胞中的化学条件。也就是说,它取决于胚胎那部分过去的条件。

甚至,当基因被接通时,它具有的效果取决于在胚胎那部分将有的影响。发育第三周出现在脊髓索的基因与在发育第十六周出现在肩部的同一个基因有完全不同的影响。因此,如果有影响的话,基因具有的影响不是基因本身的单一特性,而是与胚胎内的周围成分近期的历史相互作用的特性(每个基因都在历史脉络中

行动,它的作用是行动中的基因表现的性质)。这就使得‘身体的基因像设计’的思想成为无意义的空想。同样,你会记起第三章讨论过的计算机的生物形态学情况相同。

在基因和身体的点之间没有简单的一对一的匹配,就像食谱上的词语和蛋糕的面包屑没有更多的匹配一样。把基因放在一起能够看出执行一个过程的说明,就像秘方的词语放在一起是操作过程的说明。读者可能会问，在那种情况下，遗传学者如何谋生？如何可能谈论蓝眼睛的基因或者色盲眼睛的基因？更不用说对这些做研究了。难道遗传学者能研究这些单基因作用的事实却不能暗示确实有某些种类的单基因／单点的身体匹配?难道这不能驳斥我已经讲到的有关基因是发育身体的秘诀的每件事？当然不能。懂得这个原因很重要。

看待这个问题最好的办法或许就是回到秘诀的比喻上去。大家都同意我们不能把一块蛋糕分成面包屑,说‘这块面包屑对应着秘诀中的第一个词’等诸如此类的话。按照这种说法,大家都会同意它是整个蛋糕的秘诀图。但是,如果我们改变秘诀中的一个词,例如,把‘烘烤面粉’删去,或者改成‘发酵’。我们按照新版本的秘诀烘烤 100 个面包,然后按照旧的版本的秘诀烘烤 100 个面包。这两类面包将有根本的不同,而这种不同是由秘诀中一个词的变化引起的。尽管没有词与面包屑之间的一对一的对应,但是有词的不同和整个蛋糕的不同的一对一的对应。“烘烤面粉’与蛋糕的任何部分都没有对应之处,它影响了开始,也就影响到最后的蛋糕的形状。如果‘烘烤面粉’被删掉,或者被‘面粉’代替，蛋糕将不会制作成功;如果它被‘发酵’代替,蛋糕尝起来就会更像面包。即使任何蛋糕的任何部分和词的对应没有问题,根据原

先版本和‘改变’版本的秘诀制作出来的蛋糕确定无疑地会有明显的不同。

一个更好的比喻,因为基因施加数量的影响和突变,改变了这些影响的数量的大小，可能是从‘350 度’到‘450 度’。根据‘改变的’更高温度的版本秘诀烤制的蛋糕将会是不同的,不仅在局部上不同，而且在物质上与原来低温下的版本秘诀烤制的蛋糕不同。但是这个比喻太简单了。为了模仿‘烘烤’一个婴儿,我们应该假设不是在一个简单烤箱上的简单过程,而是一种传送带,这种传送带使盘子中的不同部分经过一千万个不同的缩微式烤箱,这种传送是分系列的、平行的,每个烤箱散发出一种与一万种基本调料不同的混合味道。以烹饪做类比,其要旨是 基因不是一种设计而是一个实现过程的秘诀。所以,复杂比喻的版本比简单版本得来要容易些。

现在是把这一课运用于获得性特征的遗传问题。按照设计图建设某项建筑时候,正与秘诀相反,是颠倒的。如果你有一套房子，重新建构你的设计图很容易,只需要重新测量房子的尺寸然后按照比例缩小。很显然,如果房子要‘获得’任何特征——比如说一面内墙被敲掉了以便获得开敞式平面布置的地面——“改过的设计图’将会忠实地记录修改部分。正因如此,如果基因是对成年人身体的描述、如果基因是设计图,那么我们很容易能够想像出一生中一个身体获得的任何特征被忠实地转录在基因内,又遗传给下一代。铁匠的儿子确实遗传了父亲的劳动后果。那是因为基因不是设计图而是一个秘诀;‘劳动后果’被遗传是不可能的。我们不能想像出比以下更多的获得性特征被遗传的例子了。一块蛋糕被切出去了一块儿,变化的描述现在反作用于秘诀,秘诀

以这样的方式改变,以至于根据改变的秘诀烘烤的蛋糕出炉后有一块已经不见了。

拉马克学家从传统上喜欢老茧,就让我们用这个例子吧。我们假设银行职员有柔软的、保养得很好的双手,只是在右手,也就是写字中指上有一个硬茧。如果他的后代都写很多字，拉马克认为，基因会控制那个地方的皮肤的生长,以致婴儿一出生就在对应的手指上长有变硬的老茧。如果基因是设计图的话，这就很容易了。每个平方毫米(或者一个合适的小单位)都有一个基因,一个银行职员的整个表皮都会被"扫描";每个平方毫米的变硬组织被仔细记录下来并反作用于那一平方毫米的基因，特别是精子。

但是基因不是设计图,每个平方毫米都有基因也是讲不通的。一个成年人的身体能被扫描,信息与基因相互反作用,这是没有道理的;"老茧"的等同物不能够在基因记录中被"查找到"而且"合适的"基因改变了。胚胎发育是一个过程,是一个所有起作用基因参与的过程,如果按照前面的指示正确地延续下去,将产生一个成年人的过程,但是它又是一个内在的过程,按照它的本性是不可逆的。获得性特征不仅没有遗传,而且这不会在任何一种形式的生命体上发生,因为生命个体的胚胎发育是外成的而不是先成的。尽管任何提倡拉马克学说的生物学家听到这点都很震惊，但是都在暗中提倡一种原子论的、决定论的、简化的胚胎学。我不想用那些自命不凡的一系列的行话来加重读者的负担,我觉得有些滑稽,有些对现在的拉马克学说表现出巨大同情心的生物学家在批判别人的时候却特别热衷于使用那些同样伪善的话。

这不是说，在宇宙的某个地方可能有某种外星的生命系统，在其

中胚胎是先成的—— 一种真的有‘设计图的基因’并且可以把获得性特征遗传的生命系统。我要阐明的是拉马克学说与胚胎学互相矛盾,这是我们有目共睹的事实。我的观点在本章开始已经说得很明确 即使获得性特征可以遗传,拉马克的学说在解释适应性进化方面仍然显得无能为力。这个观点是那么不留余地,以至于我们准备打算将它运用到所有的生命形态、宇宙的每一个角落。这是建立在两条线的基础上的:一条与使用和废止原则的困难有关 另外一条则和获得性特征遗传的更深问题有关的。我会把这些顺序颠倒过来。

获得性特征会遗传这个问题基本上是这样的 获得性特征遗传当然没有问题，只是并非所有的获得性特征都是改进性的。事实上,获得性特征大部分是损伤。很明显,进化不是沿着适应性改进方向前进的,如果获得性特征被毫无区别地遗传下来 折断的腿和天花的伤疤就像变硬的双足和晒黑的皮肤那样遗传给下一代。绝大多数机器获得性特征随着时间的推移易于形成一种时间上的创伤累积,最后归于瓦解。如果它们被某种扫描过程汇拢并对应于下一代的设计图,那么,连续的后代将会获得越来越多的衰老迹象,不仅不会使得新的设计图充满活力,相反,每代新生命都会被积累的消亡和前一代的损害所阻碍，遍体鳞伤。

这个问题倒不是解不开的死结。无可否认,某些获得性特征被改进了,而且从理论上可以想像那些遗传机制会在某种程度上区别对待改进和损伤。但是在考虑这种区别是如何进行的时候,我们就不得不去问为什么获得性特征有时候被改进了。例如,为什么被使用的皮肤区域，像裸露双足的跑步者的脚底会变得越来越厚、越来越粗糙,一般情况下似乎应该是皮肤变得单薄 绝大多数

的机器中,需要磨损和撕裂的部分会变得很薄,因为磨损除掉了那部分而不是加厚了那部分。

达尔文学者当然已经有了答案 经常磨损和撕裂的皮肤之所以变厚了,是因为自然选择在远古的过去以这种先进的方式更倾向于那些皮肤恰好对磨损和撕裂有反应了的生物个体。类似的,自然选择同样对那些祖先一代恰好对由于日晒皮肤变棕色的生物情有独钟。达尔文学者认为,只有很少的获得性特征被改进了,这种现象的惟一原因是以过去达尔文的自然选择做基础。换句话说,拉马克的理论能够解释进化论中的适应性改进,只是因为它是站在达尔文理论的肩膀上,而这正是它过去的做法。假设达尔文理论在不显眼的位置保证某些获得性特征是优势的,提供一套区别优势特征和劣势特征的机制,可以想像获得性特征的遗传导致了某些进化上的改进。但是改进,就像它现在那样,完全是因为有达尔文理论的基础和支柱。为了解释进化论中的适应性,我们不得不回到达尔文学说。

另外一个更为重要得多的获得性改进也是这样，为了便于学习，我们把它们放在一起。在一生当中,动物对谋生的技艺变得越来越娴熟。动物能记住哪些是对它们有益的、哪些是对它们有害的,它们的大脑储存了大量关于世界的信息,关于哪种动物会引起欲望,哪种动物不会引起欲望的信息。因此,动物的很多行为被归到获得性特征这个标题下面，很多这种类型的获得——“学习”——真的获得了改进的头衔。如果父母能把一生的经验智慧转录到后代的基因内,他们的后代一定能够天生拥有一座图书馆藏书所记录的那么多的经验，在人生开始时就比别人领先一步。进化论的前进可能会加速，因为技术和智慧可能自动被基因结

合。

但是，所有这些我们称为学习行为性改变的预先假定确实在提高。为什么有必要提高呢?事实上,动物确实学着去做对它们有益的事情而不是对它们有害的事情。这是为什么呢？动物倾向于避免会导致疼痛的行为。但是痛苦不是物质,痛苦只是大脑看做的疼痛。很幸运的是，有这样一个被认定为发生了疼痛的事实 例如,猛烈地刺穿身体表面,也可能碰巧是危害动物生存的情况。我们能够很容易地想到一个种族的动物喜欢受伤和危害它们生存的事情,一个种族的动物的脑部构造就是把受伤作为一种快乐、把伤痛看做刺激,像营养食物的味道,这种‘ 食物 ’对它们的生存很有利。我们没有看到世界上有这种受虐狂动物的原因是因为达尔文的缘故,也就是说,受虐狂动物的祖先很明显地不愿意存活下来并向后代遗传受虐倾向。我们可以通过在四周设置软垫的笼子里,由兽医和看守员保证有充裕饮食的条件下进行人工选择,繁殖一个遗传了受虐特征的品种。但是,这种受虐狂的动物天生不能存活。这就是为什么我们称作后天学习的改变更倾向于改进而不是相反情况的根本原因了。我们又一次得出这样的结论：必须有达尔文的理论基础来保证获得性特征是优势。

现在让我们回到使用和废止的原则。这个原则似乎在获得性改进的某些方面解释得通。不能依靠特例是大家普遍公认的道理。这条道理很简单“:身体的任何部分如果频繁地使用就会变大,任何不经常使用的部分变得越来越小甚至完全萎缩。”我们能够预见身体中有用的部分(因此假设使用过的)通过加强通常会使人受益,而无用的部分(因此假设是没有使用过的)也不会再存在了。这条道理似乎还有一些普遍性价值。但这条使用和废止的

原则还有很大的问题。那就是,即使没有别的人反对它,它也是一个过于粗糙的工具,以至于它不能把我们看到的动物和植物精确的、精妙的适应性囊括进去。

眼睛曾经是一个很有用的例子。想想所有复杂的协作工作吧:有清晰的透视功能的晶体,它的色彩纠正功能以及球形扭曲矫正功能;肌肉能够立即使晶体定位于从远至近的任何目标;虹膜能使瞳孔缩小,或者"缩小光圈"的器官能持续调整眼睛瞳孔的孔径,就像一部内置曝光表和特殊功能的电脑的照相机;视网膜有1.25亿色彩译码光电池,血管的网络给眼部每个部分补充能量;神经网络的配合更为绝妙——相当于电线和电子芯片。把这些精妙的复杂过程在你的脑海中想像一下,问问你自己:这些在一起是否可以用使用和废止的原则?答案对我来说显然是"不"。

晶体是透明的,而且可以矫正球形和色彩的误差。这些通过单纯的"使用"能够产生吗?一个晶体能够通过泼洒一定量的光子的办法清洗干净吗?因为光透过它,它能够因为被使用而变得更好吗?当然不能。究竟为什么?视网膜的细胞会自动把它们分成三原色只是因为它们被不同的色彩光粒子撞击吗?再一次问究竟为什么它们能这样?一旦聚焦的肌肉存在,锻炼它们会使得它们变得强壮和粗大这个现象就是真的,但是这在本质上不会使图像更容易聚焦。事实是使用和废止的原则不能形成框架,而只是粗略地、不能令人信服地解释适应性。

达尔文的自然选择在解释每个细节方面都没有问题。好的视力,精确地讲,对动物来说是关系到生存与死亡的大事。一个晶体,可以聚焦,可以纠正失常,像雨燕一样迅速的飞鸟可以区分被捕

捉的苍蝇和空中的其他漂浮物。当太阳出来时,一个调整精确的虹膜迅速缩小瞳孔、调整瞳孔半径,这能及时识别食肉动物并避免因为眩晕导致的一场致命大劫。任何眼部功能的改进,不管多么微小,不管多么深埋在组织内,都能导致动物的生存与繁衍成功,因此导致基因传播。这样,改进就形成了。因此,达尔文的自然选择能够解释进化的改进。达尔文的理论解释成功生存的参数,这是导致成功生存的直接原因。解释和被解释之间的结合是直接而详细的。

拉马克的理论则依赖于一个松散的粗糙的结合、一条这样的原则:任何东西如果它很大而又被大量使用就会更好,这等于说依赖于一个器官的尺寸大小和它的功能。如果有这样的纠正器官,它一定是很脆弱的。达尔文理论实际上依靠了器官的‘功效’和它效力之间的纠正:一个必要的完美纠正,拉马克理论的弱点在于没有依靠我们所见到的这个星球上的任何生命特殊形态的详细事实。这是一个适用于任何适应的复杂性的普遍弱点。我想,这一点必须运用于世界上任何地方的生命,不管这种生命的具体情况多么陌生和奇怪都是如此。

我们对拉马克学说的批驳有些激烈:(1)它主要的假设,也就是获得性特征的遗传似乎在我们研究的所有生命形态范围内是错误的;(2)它不仅现在是错误的,而且在任何依赖外成的(秘诀)而不是先成(设计图)类胚胎的生命形态范围内将是错误的,这包括我们研究过的所有生命形态;(3)即使拉马克学说是正确的,这个理论在原则上,由于两个完全相反的原因,不能解释严肃的适应的复杂性这个假设,不管是在地球上的还是宇宙中任何地方,对这个假设它都不能解释。因此,作为达尔文理论的对手,拉马克学

说难道不是错误的吗？拉马克学说根本不是达尔文理论的对手，在解释进化论的适应的复杂性方面,它甚至不是一个严肃的候选人,从作为达尔文理论的潜在对手开始,它就注定了失败。

很少有理论能够甚至偶尔能够作为达尔文的自然选择的替代品而向前发展的。我将再一次证明它们都根本不是真正严格意义上的替代品。证明(确实非常明显)这些替代品—— 中立主义、突变论等等——可能或者不能解释一定数量的、能观察到的进化的变化,但是它们都不能解释适应性进化的变化,也就是为了生存，在朝着改进“设备”方向上的变化,像眼睛、耳朵、肘关节以及回声定位“设备”。当然,大量的进化变化可能是非适应性的,在这样的案例中,这些另类理论可能在进化的某部分很重要,但是只在进化的某些比较无趣的领域内。这一点在中立主义理论的进化论中体现得尤其清楚。这类理论有很长的历史,但是在现代分子(分子遗传学)的装束下它很容易被掌握,它被伟大的日本基因学家木村资生大力发扬。顺便提及一下,他的英文散文形式令很多本土讲母语的人自惭形秽。

我们已经大致了解了中立主义学说。需要记住的是同样分子的不同版本,例如血红蛋白分子的版本在精确的氨基酸排列上是有区别的,而彼此性能相同。这就意味着只要自然选择发生了,突变可以从一个可供选择的血红蛋白分子版本到另外一个版本,就自然选择来说,是中性的。相对自然选择是随机的而言,中立主义学家相信大多数进化发生在分子基因层面上是“中性的”。基因学的一个派别被称为选择学派,它认为在分子链每个节点的每个细节上，自然选择都是一股潜在力量。

有两个突出的问题很重要。首先是这个与本章内容有关的问题：作为对适应性进化的根源,中立主义是否是自然选择的可供选择的理论。第二,一个很独特的问题,那就是是否大多数确实发生的进化变化是适应性的。假设我们在谈论从一种分子形态变化为另外一种分子形态的进化变化,不管通过自然选择发生的可能性有多大,也不管它是否是通过随机偶然产生的,中性变化的可能性有多大？围绕第二个问题，分子基因学家展开了激烈的战斗,不分胜负。如果我们把注意力集中在适应性——第一个问题——它就完全是一场茶杯里的风暴。就我们涉及的问题来说,中立的突变可能也不存在，因为我们或者中立选择都没有看到过它。当我们考虑到腿、胳膊、翅膀、眼睛和行为的时候,中立的突变根本不是突变。再次利用一下‘ 秘诀 ’的比喻,即使秘诀中几个词的‘ 突变 ’为不同的字体,蛋糕尝起来味道仍然相同。只要我们对所涉及的最终美味感兴趣,它仍然是同样的秘诀,不管是否被印刷成正常字体、或者斜体、或者粗体字。分子基因学家就像吹毛求疵的印刷员。他关心的是写成秘诀的字体形式。自然选择却不关心这些,当我们在谈论到进化的适应性时我们也不应该关注这些。当我们与进化论的其他方面相关时,例如不同血统中的进化率，中立的突变论会有惊人的重要性。

即使最为热心的中立主义学家也会很高兴地同意自然选择可以作为所有适应性的根源。他们强调的是大多数进化变化都不是适应性。这可能完全正确,尽管某个基因学派不会同意。从局外人的观点看,我个人希望中立主义能赢,因为这样使得计算进化关系和进化率变得很容易。两方的每个人都同意中立主义的进化不能导致适应性改进。原因很简单,中立主义进化根据的定义就是随机的，而适应性改进根据的定义则是非随机的。再一次

地,作为生命的特征—— 区别于非生命的,也就是适应的复杂性寻求解释方面，我们不能找到任何达尔文自然选择的替代理论。

我们现在回到达尔文理论的另外一个对手—— 中立主义——的理论。我们很难理解,这个世纪初期当突变现象最初被命名时,它被看做是达尔文理论的必要组成部分而不是进化论的替代理论！曾经有一个基因学派被称为突变论学派,这个学派包括了著名的属于孟德尔遗传原则的早期再发现者荷兰植物学家德弗里斯和威廉·巴特逊,基因这个词的发明者丹麦植物学家威赫姆·约翰森以及遗传染色体理论的开山鼻祖美国遗传学家托马斯·亨特·摩根。德弗里斯尤其被突变能有激剧的变化所深深吸引,他认为新物种总是来源于简单的、主要的突变。他和约翰森认为,物种内的大多数变化都是非基因的。所有的突变论学者都认为,自然选择最多在进化中扮演少部分的淘汰角色。真正创造性力量是突变本身。孟德尔基因理论并不被认为是今天的达尔文理论的中央支撑理论，而是作为达尔文理论的反对理论。

以现代的思想,对这个观点的反应除了愉快还是愉快。我们必须当心可别重复巴特逊本人显出优越感的语调“:我们走向达尔文是因为他采集了庞大的相关的事实,(但是……)对我们来说,他不再是用哲学权威的口气说话。我们用我们能使用的语气去读他的进化论的计划,这些有卢克莱修或拉马克。”还有“通过渐进的步骤由自然选择引导的大量人口的转化,正如我们大多数人看到的是与事实不相适合的,那就是我们只能惊讶于这样一个主张的浅薄、缺少深度和曾在一段时间内竭力使它容易被接受而使用的讨论的技巧。”以上就是 R.A. 费歇尔转败为胜的过程,并表明孟德尔的遗传学不是达尔文的反对理论而是它的必不可少的部

分。

突变对进化来说是必须的。但谁又想过这是否就足够了呢？进化的变化在比机遇本身所能料到的情况是更大范围内的改进。突变作为进化惟一的动力的问题在于 突变究竟是如何‘ 知道 ’哪些对动物是有利的、哪些又是不利的 ？变动一个复杂机制，比如器官上的变化，大多数会变得更糟，只有很少的可能性会变得更好。任何人想争辩没有自然选择的突变是进化的推动力，那他必须解释突变趋向更好的趋势是如何产生的？身体通过什么神秘的、内在的智慧选择向好的趋势突变而不是向更坏的趋势突变？你一定注意到了这其实是同一个问题，不过是以另外一种形态乔装的拉马克学说。突变论学家不用说，也决不会回答。奇怪的是这个问题似乎从来不会发生在他们身上。

在当今，似乎很不公平，这对我们来说更荒唐，因为我们被迫使相信突变是‘ 随机的 ’。如果突变是随机的，根据定义它们不能偏向改进。但是突变论学派不把突变当成随机的看待。他们认为，身体有一种内在、朝着某个方向变化的趋势决定着它不会朝着其他的方向，尽管他们把身体是如何‘ 知道 ’那种变化将来会对身体有利的问题撇在一边，让它悬而不决。尽管我们认定这是神秘主义的胡扯，当说突变是随机的的时候，我们必须清楚我们的真正意图。有这样的随机和那样的随机，很多人迷惑于这个词的不同含义。事实上，在很多方面突变不是随机的。我坚持的是在这些方面并不包括先见之明—— 任何可能使生活更好过的方式的预期。而且有些先见之明可能确实需要，如果没有自然选择的突变被用来解释进化。在突变是或者不是随机的意义方面，看得更远一些是有益的。

突变是非随机的。

首先,突变是由特定的生理事件引起的,它们不是自发的产生的。它们被‘诱导有机体突变的物质’(很危险,因为它们常常引起癌症):X光线、宇宙线、放射性物质以及其他不同的化学物质,甚至其他被称为‘突变基因’的基因引起的。

其次,并不是任何物种的所有基因都有同样的几率发生突变。每个染色体的基因座都有自身特点的突变率。例如,突变产生致病基因亨廷顿舞蹈症(类似于威图斯舞蹈综合症)基因的比率大约是二十万分之一,这种疾病能使中青年致死。相应的软骨发育不全(类似于矮小综合症,特征是呈现出矮腿猎犬状,也就是腿和胳膊对形体来说都太短)的比率比前者高 10 倍。这些比率都是在正常状态下测出来的。如果诱导有机体突变的物质像 X 光线呈现出来,所有的正常性突变比率会增加。染色体的某些部分被称为基因周转率高的‘热点’,这些地方的基因突变率特别高。

第三,染色体的每个基因座,不管它是否是热点或不是热点,某个方向的突变会比其他方向的突变更有可能。这就产生了众所周知的‘突变压’现象。‘突变压’能导致突变。即使,例如两种形式的血红蛋白分子,形式 1 和形式 2 都具有选择性的不确定,在携带血液中的氧分子的意义上说都是同样的,但是仍有可能从形式 1 突变为形式 2,而且这种可能性比从形式 2 突变到形式 1 更常见。在这个例子中,突变压产生形式 2 的可能性比产生形式 1 的可能性大。如果在一个基因座上,前一个突变率被后一个突变率平衡了,据说突变压就是零。

我们现在看到突变是否真的是随机的问题已经不是小问题了。它的答案取决于我们对随机的理解。如果你把‘ 随机的突变 ’理解为不受外部事件影响的突变，那么 X 光线反驳了突变是随机的观点 如果你认为‘ 随机的突变 ’暗示了所有的基因有同样的几率突变 ,那么‘ 热点 ’说明了突变不是随机的 如果你认为‘ 随机的突变 ’表示所有的染色体基因座的突变压是零,那么我们再一次地说突变不是随机的。只有如果你把‘ 随机 ’定义为‘ 对身体的改进没有任何优先 ’的意思 ,突变才真正可能是随机的。所有这三种我们考虑的非随机在把进化推向适应性改进方面的力量是微薄的 ,这一点上与其他的(功能上的)“随机的 ’’方向相反。还有一种非随机也是正确的 ,不过稍微显得不那么明显。有必要在这点上花一点时间，因为它现在仍然使一些现代生物学家感到困惑。

对有些人来说，“ 随机 ’可能有如下的意思 ,这在我看来是一个相当奇怪的意思。我引用了达尔文的两个反对者 (P.桑达斯和 M. W. 霍)的观念。在他们观念中 ,达尔文认为的‘ 随机的突变 ’是：“ 新达尔文主义认为随机的突变有着荒谬的观点 :任何可以想到的都是可能的 ’’:所有的变化都是可能的 ,而且都有着同样的可能性。’我的非但不支持这个观点 ,也看不出如何开始做出这样一个“ 有意义 ’的观点 所有的变化都有着‘ 同样的可能性 ’是什么意思 ?所有的变化 ?为了让两个或者更多的东西‘ 有相同的可能性 ’’,那些东西必须定义成独立事件。例如 ,我们可以说‘ 硬币正面和反面是有同样的可能性 ’’,因为正面和反面是两个不连续的项目(独立事件)。但是‘ 所有可能的 ’变化对动物的身体来说都不是这类独立的事件。举个例子“: 牛尾巴的长度为一寸 ’和‘ 牛尾巴长度为两寸 ’’,这是两个独立的事件 ,因此就是‘ 有同样的可能性了吗 ”？或者它们都只是同一个事件的变体呢？

很清楚,对达尔文主义的刻画已经失真,如果它的观点不是没有实际意义的话,就是荒唐到极点。我费了一些工夫才懂得这幅讽刺画的意思,因为它用的是一种与我所知道的达尔文的思维方式不同的方法。但是我想我现在懂得了它的意思,我现在试着把它解释一遍，这将会有助于理解所谓的达尔文反对者的内幕。

变种和自然选择一起就产生了进化。达尔文学家认为,从它不是直接指向改进这个意义上说,变种是随机的,而趋向于进化改进的趋势来自于自然选择。我们能够想像一种进化学说的连续统一体,在这个体系中,达尔文学说站在一端,突变论站在另外一端。极端的突变论学家认为,自然选择在进化过程中没有起到什么作用。进化的方向是由突变提供的方向决定的。假如人的大脑在过去几百万年的进化中变得很大了,达尔文学者解释说,由突变贡献出来的选择变种也包含一些大脑小的个体和一些大脑大的个体，自然选择则更青睐大脑大的个体。突变论学家解释说，由突变贡献出的变种中有一种对体积大的大脑的偏爱性倾斜,在变种被提出后没有自然选择(自然选择没有必要),大脑发育得更大是因为突变的变化有朝着更大的大脑发育的倾向。总结一下观点 在进化中,有更倾向于体积大的大脑的倾向,这种倾向可能来自于自然选择本身(达尔文的观点),或者来自于突变本身(突变论学家的观点)。我们可以假设一种这两个观点的连续统一体,几乎是这两种可能的进化倾向的折中。一个折中的观点是 存在突变成体积大的大脑的倾向,而且自然选择增加了存活的种群中的这种倾向。

当达尔文说在贡献给自然选择的突变变种中没有倾向时,反对者拿这做素材,完成了描述达尔文的讽刺画。对我来说,作为一个

实在的达尔文派的人,这只意味着突变不是系统地沿着适应性改进这个方向倾斜的。在桑达斯和霍的笔下,这意味着所有可以想像的变化是‘有着同样的可能性的”。撇开这种想法在逻辑上没有可能性不说,达尔文学派的讽刺派相信身体是可以无限延展的黏土,随时都可以被全能的自然选择捏成它想要的任何形状。理解实在的达尔文学派和讽刺派的区别很重要。我们将用特殊的例子来区分它们，也就是蝙蝠和天使的飞行技巧。

安琪儿通常被描绘成背后长了两扇小翅膀、悬着胳膊的形象。而蝙蝠和鸟类以及翼龙没有独立的胳膊,它们的祖先的胳膊已经合并成两只翅膀了,不能再度使用,或者说只能笨拙地用于啄食等其他目的。我们来听一场由真实的达尔文学派和达尔文讽刺派之间展开的对话：

真实派 我想知道为什么没有进化出像安琪儿那样的翅膀。你可能会想它们可以使用那对自由的翅膀。老鼠总是用它们的“胳膊”把食物捡起来细细地啃,而没有胳膊的蝙蝠在地面上就显得很笨拙了。我猜想可能的答案是突变从来不会提供必要的变种，从来不会有在背上的中间位置长着翅膀芽的突变异种的蝙蝠祖先。

讽刺派 废话。自然选择选择就是一切。如果蝙蝠没有像安琪儿那样的翅膀，那就意味着自然选择并不倾向像安琪儿那样的翅膀。当然，有在背上中间位置长着翅膀芽的突变异种的蝙蝠祖先，只不过是自然选择没有倾向它罢了。

真实派：那么，我很同意如果它们抽出了芽而自然选择却没有倾

向于它。首先它们会增加整个动物的体重,而过重的体重是一种负担，因为没有飞行物能担负得起。但是你肯定没有想到这点，无论自然选择有什么倾向原则，突变总是会赶上必要的变种吗？

讽刺派：我当然会。自然选择就是一切。突变是随机的。

真实派 对,突变是随机的,但是这只是意味着它不能看到未来，不能计划哪些是对动物有益的。这并不意味着什么都完全可能。为什么你不认为会有像龙一样从鼻子里喷出火来的动物？难道这对捕捉猎物、烹饪猎物不是很有用处吗？

讽刺派 这很容易。自然选择就是一切。动物不喷出火来,因为这不值得它们那样做。喷火的动物被自然选择灭绝了,或许因为制造火太浪费能量。

真实派：我不相信世界上有喷火的突变异种。如果真的有的话，它们可能也有烧死自己的可能。

讽刺派 废话。如果那是惟一的问题,自然选择会进化出含石棉线的鼻孔。

真实派 我不相信会产生带石棉线的鼻孔的突变异种,不相信突变异种的母牛能跳上月球，更不相信突变异种会分泌出石棉。

讽刺派 任何能跳上月球的突变异种的母牛很快会被自然选择灭绝的。你知道的，月球上没有氧气。

真实派:我很惊奇你没有提出:由基因决定,就会有带着太空服和氧气罩的突变异种的母牛。

讽刺派:好主意:噢,我猜想真正的解释一定是母牛没有付跳跃到月球上去的费用。我们不要忘记逃出地球引力的速度需要能量费用。

真实派:真是荒唐!

讽刺派:你显然不是真正的达尔文学者。你是隐秘的突变论学家的右翼或是左翼分子?

真实派:如果你那么认为,你一定遇到了一位真正的突变论学家。

突变论学家:这是达尔文的组内讨论吗?别人能加入进来吗?你们的问题都把自然选择摆在太突出的位置了。所有自然选择能做的就是淘汰掉大的瑕疵和异想天开部分,它本身不能产生出建设性的进化论。回到蝙蝠的翅膀的进化这个问题。发生的情况确实是这样:在依傍地面生存的古代动物种群中,突变开始以延长的趾和周围的皮肤羽支出现。随着一代一代的延续,这些突变变得更加频繁,最终整个种族都长出了翅膀。这跟自然选择没有关系,是蝙蝠祖先内在的这种趋势导致了最终进化出翅膀。

真实派和讽刺派(联盟):神秘主义!回到你所属于的上个世纪去吧。

我希望读者既不会对突变论学派,也不会对讽刺学派抱有任何同

情心和专横的判断。我猜想读者和我一样同意真实的达尔文学派的观点。讽刺学派并不真实地存在。不幸的是,很多人认为它存在,并且还认为既然他们不同意讽刺学派他们就也不同意达尔文学说本身。有一个生物学派,他们喜欢说类似以下的话 达尔文学说的问题是它忽视了胚胎学给它的限制。达尔文学家(这就是讽刺学派的由来)认为,如果自然选择倾向于某些可以想到的进化变化,必要的突变变种就会成为可能。任何方向的突变变化有同样的可能性，自然选择提供了惟一的倾向例外。

但是,任何真实的达尔文学者都会承认,尽管任何染色体上的任何基因可能随时会突变,但身体突变的结果被胚胎学的过程限制了。如果我曾经怀疑过这一点(我从没有怀疑过),我的疑虑就会被生物形态的计算机模拟所打消。你不能只是构想出一种在背的中部的长出翅膀的突变。翅膀或者其他任何部分,只有当发育的过程允许它们时才能进化。没有什么会神奇地‘ 生长出来 ’,这必须在胚胎发育过程中产生的,既有的发育过程实际上只有小部分事物能进化,因为胳膊发育的方式,使得突变增加手指的长度并促使手指间的皮膜生长成为可能。但是胚胎的背后没有促使它‘ 长出 ’像安琪儿那样的翅膀的东西。当基因‘ 发怒 ’时,可能突变,但是没有哺乳动物会长出像安琪儿那样的翅膀,除非哺乳动物的胚胎发育过程容易受到这种变化的影响。

既然我们不知道胚胎是如何发育的细节,对于某一组想像的突变出现过还是从未出现过的评估就可以争论。这可能证明,例如哺乳动物体内没有阻止安琪儿翅膀发育的物质。就这个例子来说，讽刺学派的论断是正确的,也就是提出安琪儿生长的翅膀芽但是没有被自然选择看好。或者它可能证明,当我们 对胚胎了解得更

多的时候，我们就会看出安琪儿的翅膀是早就无成功希望的饰物,因此自然选择没有机会去倾向它。还有第三种可能,我们列出完整的清单,胚胎学决不会允许安琪儿的翅膀产生出来,并且即使它长了芽自然选择也不会倾向于它。但是必须坚持我们不能承担忽视胚胎学对进化的限制所带来的风险。所有严肃的达尔文学家都会同意这一点,尽管一些人把达尔文学说描述成否定这一点的学说。那些制造‘ 发育限制 ’噪音作为反达尔文学说的人被证明是故意用我前面简单模仿的达尔文讽刺学派来混淆达尔文学说。

这些都始于一场关于突变的‘ 随机性 ’的意义的讨论。我列举出突变不是随机的三个方面 它由 X 光线诱导等 不同的基因的突变率不同；前一个突变率和后一个突变率并不相同。对于这一点,我们加了第四个方面,也就是突变不是随机的。突变不是随机的是从它只能在胚胎发育的过程中做出选择这个意义上来说的。它不能凭空想像地认为任何可能的变化自然选择都可以有所倾向。自然选择能够参与的变种是由胚胎学的过程决定的,如果它们确实存在的话。

还有第五个方面,那就是突变可能一直是非随机的。我们能够想像出(只是想想)一种突变的形式,它系统地以提高动物的生存适应性为基础。尽管我们能够想像出来,但是从来没有人提出过能够使这种倾向产生的可行方法。也只仅仅在这第五个方面,真实的达尔文学派坚持突变是随机的,突变不是系统地建立在朝着提高动物的适应性方向的基础上的,而且所知道的机制(说得委婉一点)中没有能够指导突变朝向这第五个方面意义上的非随机性发展。在适应性的优势上突变是随机的,尽管在所有其他方面它

是非随机的。正是自然选择,也只有自然选择指引进化朝着非随机性的优势方面发展。突变论事实上不只是错误的,它永远都不会有正确的一天。它不能从原则上解释进化的改良。突变论学家属于拉马克学派,不仅不是达尔文学派的反面对手,而且根本就不是它的对手。

我要说的达尔文自然选择理论的下一个对手同样是这样的。这个学派受剑桥基因学家加百利 ·丹佛支持,冠以' 分子动力 '这个奇怪的名字(既然每个事物是由分子组成的,为什么丹佛的假设过程要用分子动力这个名称?难道它比其他的进化过程多了些什么?这点就显得有些含混不淆。这倒是让我想起了一个总是抱怨胃不好的熟人,他总是用大脑解决问题)。摩图 ·吉姆拉和其他中立主义的支持者没有为他们的理论做出错误的主张。作为对适应性进化的解释,他们对把随机偶然看做是自然选择的对手不存任何幻想。他们认识到,只有进化论能够推动进化朝着适应性的方向发展。他们主张很多进化变化(分子学家看进化论的变化)完全不是适应性的。丹佛对于他的理论没有做出这么谦逊的主张。他认为,尽管他承认进化论的自然选择也有正确的地方,但是他可以不用自然选择解释所有的进化现象!

通观这本书,当我们考虑这个问题时的第一个资源就是眼睛的例子。尽管这样,它仍然还是太过于复杂的、通过机遇产生的、设计精美的人体较大器官的代表。只有自然选择——我重复地说明——更能接近地提供对人类眼睛和其他相对比较完美和复杂器官的似乎有理的解释。幸运的是,丹佛明确地迎接了挑战,并且提供了他自己对眼睛的进化的解释。他说,眼睛从无进化到有需要 1 000 个步骤。这就意味着需要 1 000 个基因序列的变化来完

成从一块皮肤到一只眼睛的转变。从论断来看,这似乎对我来说是可以接受的猜想"生物形态之地",这个术语的意思是秃皮肤的动物离有眼睛的动物只有 1 000 个基因步骤之遥。

我们如何解释为什么只是需要花 1 000 步才能进化出众所周知的眼睛呢?自然选择的解释已经闻名于世。把它缩减到最简单的形式,在每个千分之一步中,突变提供了很多供选择的方案,只有一个方案能被采用,因为它有助于生存。这 1 000 个步骤的进化代表了 1 000个连续的机遇点,大多数的机遇点都是导向死亡的选择。现代眼睛适应的复杂性是 1 000 个无意识的'机遇'成功作用的最终结果。物种沿袭着通过所有可能性的迷宫的特殊路径,路上有 1 000 个分杈点,每个幸存者都是碰巧拐进了通往提高视力的那条路,路边堆满了失败者的残骸,也就是那些在每个连续的千分之一个拐角处做出了错误选择的失败者的残骸。我们今天看到的眼睛就是 1 000 次连续'选择'的最终结果。这是自然选择用 1 000个步骤对眼睛的进化过程的一种解释(一种表达方式)。丹佛是怎样解释的呢?他认为,血统在每一步采取的选择并不重要 回顾一下我们就会发现产生器官的作用。根据他的观点,血统采取的每一个步骤是随机的一步。例如第一步,随机的突变从物种中蔓延开去。新进化的特征在功能上是随机的,它并不会有助于动物的生存。所以,物种在世界上寻找一个新的地方或者新的生活方式,只有在这样的条件下,它们才能利用这种强加于它们身上的随机的特征,一旦找到适合的环境,它们就会在那里生活一段时间,直到新的突变产生并在物种之间蔓延。于是,它们不得不满世界搜索一个能适应它们的新特征的地方。当它们找到它时,第二个步骤就完成了。现在第三步的随机突变在物种中蔓延开来,依次的第一千个步骤完成了,最后形成

了我们看到的眼睛。丹佛指出,人类的眼睛碰巧使用了我们称为“可见”的光源而不是红外线。如果随机突变恰好强加给我们一双能看见红外线的眼睛,我们毫无疑问地会充分利用它,并且发现一种能最大限度地利用红外线的生活方式。

乍一看,这种思想有一定的诱人道理,但仅仅限于粗略的简单的第一眼。这种诱人之处在于自然选择初露头角时完美的对称方式。自然选择以它最为简洁的形式假设环境是强加于物种之上的,这些基因的变体都最大程度地适应了生存环境。丹佛的理论将它颠倒过来。在这样的情况下,物种的自然特性,是被“强加”的,以这个例子而言,是源自变化不定的突变以及它的内部基因力量,然后物种安置好所有的环境,以便最好地适应被强加的特性。

这种对称性的诱人之处确实是肤浅的。丹佛的思想脱离现实之处从我们开始思考关于数字的时候就表现出来了。他的主题主要是千分之一的每个步骤中,物种以什么方式变化并不重要,物种追赶上的每个新变化在功能上是随机的,但是物种能找到一种环境去适应它。暗示的含义是不管它在途中任意一个岔道口走哪条路,物种都能找到合适的环境。我们想一想,有多少可能的环境啊。有 1 000 个分权点,如果每个分权点处只有一个分权(不去想有 3 个或者 18 个分权了,这只是一个保守的猜想),从原则上说,所有可能的生存环境中这个数目是 2 与能量 1 000 的对抗(第一个分权给出两条道 然后每个分权分出 2 个,就是 4 个了;那么每个这些分权分出 8 个,然后是 16 个、32 个、64 个,……所有的分权达到 1×2^{1000})。这个数字写出来可能是 1 后面带有 301 个零,这远比宇宙中的原子数目大。

丹佛与自然选择的竞争行不通,不仅在 100 万年之后行不通,而且在比宇宙存在时间长 100 万倍之后的时间也行不通，即使在 100 万个存在时间、100 万年的宇宙时间后也同样行不通。如果我们把丹佛最初的猜想 产生出一只眼睛需要 1 000 个步骤修改一下,这个结论也不会从本质上受到影响。如果我们把它改成只要 100 个步骤,这当然是低估的,我们仍然断定,各种一定准备出台的环境一定会出现,实际上应付血统可以采取任何随机措施超过 100 万乘以 100 万乘以 100 万乘以 100 万乘以 100 万还多。这个字比前一个数字小得多,但是它仍然意味着丹佛的必须为物种准备的‘ 环境 ’的每个都不得不由不足于一个原子组成。

很值得解释一下为什么自然选择的理论不容易受到大量的、破坏了对称美的论据的影响。在第三章,我们原以为所有真实的、可以想像到的动物栖息在巨大的宇宙空间,我们只是占很小的一部分。把进化简化成每个进化节点分成两个杈，而不是每个节点 18 个分杈,因此,所有可能的动物可能进化了 1 000 个进化步骤，栖息在巨大的树上,这颗树伸出一枝又一枝的枝桠,以至于总共的枝桠树是‘ 1” 后面带了 301 个零。任何实际的进化史能用这种特殊的假象树来表示,在所有猜想的进化路径上,只有很少的实际会发生。我们能把大多数这种‘ 所有可能的动物树 ’看做隐藏在不存在的黑幕后面。这里那里,只有很少的枝干被透过黑暗之树的光线照亮。这些就是实际的进化路径,尽管这些被照亮的枝干是无数的,但是它们仍然是所有枝干中数量很少的一部分。自然选择能够透过所有可能的动物之树选择它的路径,并找到可行的路径。自然选择理论不能用我反驳丹佛的理论的论据来反驳，因为这是自然选择理论的本质，它会持续不断地砍倒树上的分杈。这就是自然选择所要做的,它透过所有可能的动物之树,一

步一步地选择了它的路径,避免了大多数无穷的空间上的绝户分枝——眼睛长在脚底板下的动物,等等——而丹佛的理论却因为它内部奇异的颠覆逻辑而不得不容忍他们。

我们已经处理了所有的自然选择理论的所谓论敌,除了最古老的那个之外——那就是生命被创造的理论,或者说有意识的进化主宰者的思想。很明显,要批驳这个理论的某些特殊版本实在太不容易了,例如《创世纪》。几乎所有的民族都构想了他们自己的创造神话,而起源的故事只是刚好被中东一个特殊的牧人部落所采用了。它并不比特殊的西非部落关于世界是从蚂蚁排泄物中创造出来的信仰更有地位。所有这些神话有一个共同点:它们依靠别有用心的某种超自然力量。

第一眼看到"瞬间创造"和"指导进化"就能看出两者重要的区别。任何诡辩的现代神学家已经不再相信瞬间创造,某些进化的证据已经变得所向披靡了。但是很多称自己为进化论学家的神学家,例如第二章中引用到的伯明翰主教,从后门粉碎了上帝:他们让上帝成为进化过程中某个监督者的角色,或者影响进化历史(当然尤其是人类的进化历史)过程中的关键时刻,或者更综合地干涉组成进化变化的每日活动。

我们不能反驳像这样的信仰,要是信徒假定神会费尽心思,总是在上帝的干预行动上罩着一件自然过程的外衣,使人觉得面对的是自然选择，我们就无能为力了。对这种信仰我们所能说的就是:(1)它是多余的;(2)它们假设存在我们想要解释的东西,也即是组织的复杂体。使得进化论成为完美理论的理由就是它解释了组织的复杂体是如何从原始的简单细胞产生出来的。

如果我们能构想出一个不管是通过瞬间还是指导的进化能够操纵世界上组织的复杂体的上帝，那这个上帝一定首先是很复杂的。创造学家,不管是天真的福音宣读者或者是博学的主教,完全构想除了已经存在的巨大的智慧的复杂事物。如果让我们无须解释地去构想复杂的组织,我们可能也会这样做,简单地构想出正如我们已经知道的生命存在。简而言之,不管是以瞬间的还是以指导进化论为形式,都可以列入我们已经考虑过的其他理论之伍,都给出了一些达尔文的论敌的优越方面,它们的价值可以用证据来证明。但结果证明，它们根本都不是达尔文学说的对手。通过累积的自然选择的进化论是我们所知道的惟一能从根本上解释组织的复杂体存在的理论。即使证据对它并不十分有利,但它仍然是目前最好的理论。事实上,证据对它十分有利,这又是另外一回事了。

让我们看看整个问题的结论。从统计学角度来说,生命的本质在广袤的范围内是不大可能产生的。不管生命的解释是什么,它都不可能是偶然。生命存在的真正解释必须体现偶然的对立面。偶然的对立面是非随机的生存,如果正确地理解的话。非随机的生存,如果曲解的话,就不是偶然的对立面,而只是偶然本身。有一个关于这两个极端的连续统一体,而且是从单一步骤的选择到累积的选择的连续统一体。单一的选择只是单纯偶然的另外一种说法,根据不正确理解,非随机生存就是机运本身。缓慢的、逐步的累积选择，是生命这个复杂设计存在提出的惟一可行的解释。

整本书都被偶然性的思想、绝不可能自然出现的秩序、复合体及看来是设计出来的这些奇怪的现象所占据。我们找到了一种驯

服偶然,挖出‘未驯化的偶然’毒芽(纯粹的、赤裸的偶然)的方式,意味着有序的设计不是一下子从无到有冒出来的。如果眼睛并不存在,可突然在一代人中闪出了完全是时尚的、完美的眼睛,这将是未被驯化的偶然,这是可能的,但是这种怪事只会让我们忙于写零直到时间的尽头。对于自发产生的任何充满时尚、完美的整个存在物,包括—— 我无法避免结论了 ——神,同样的适用。

“驯化’偶然机遇意味着把序列中的非常可能变成不太可能。不管一步从 Y 产生 X 有多么不可能，总是可能构成一系列无穷小之间的媒介。不论大的变化有多么不可能,小的变化可能性就要大些。假设我们构想出一个足够大系列的媒介,我们就能够起源于另外一样东西,只要时间够长,只要具备充分的时间把媒介配置好,我们就能这样做。而且还要具备一套指导每个步骤的前进方向的机制,否则步骤的序列会在没完没了的随机游动中失去控制。

达尔文世界观的论点,这些附带条件已经看到了,那就是缓慢、逐步累计的自然选择是我们的存在的最终解释。如果有否定缓慢、逐步、累计的自然选择,否定自然选择主要作用的进化论版本,它们可能只在某些例子中是正确的，但它们不可能是完全正确的,因为它们否定了进化论的核心,那就是提供解决天文学上的不可能事情和解释貌似奇迹的动力。

作者简介

理查德 ·道金斯(Richard Dawkins),英国人,著名演化理论学者，英国皇家学会会士。1941 年出生于肯尼亚，1949 年全家返回英国,就读牛津大学,受业于动物行为学名家丁伯根（Nikolaas Tinbergen 1907 ～ 1988，1972 年诺贝尔奖得主),获动物学博士学位。1976 年出版《自私的基因》（The Selfish Gene）,阐释以‘ 基因 ’为分析单位的演化观,声名大噪。这本书的主旨是‘ 自利为利他行为的基础 ’,可是许多人望文生义,以为他提倡‘ 自私 ’。1995 年起,道金斯担任牛津大学新设立的科学教育讲座教授(Chair of Public Understanding of Science)；2001 年当选英国皇家学会会士。

道金斯是英国最重要的科学作家,不但每一本书都是畅销书,并经常在各大媒体讨论、评论科学的各类问题。《盲眼钟表匠》与续篇《攀登不可能的山峰》(Climbing Mount Improbable，1996)都是演化生物学的入门书。道金斯的理论著作,除《自私的基因》外,以《延伸的表现型》（The Extended Phenotype,1982）

最为重要。《盲眼钟表匠》获得英国皇家文学学会非小说类最佳书奖与美国洛杉矶时报的文学奖。1987 年英国广播公司(BBC) 根据本书拍摄的电视片,获得最佳科学纪录片奖。

译者序

“人从何处来？”这个萦绕在世世代代人心头的疑问，由达尔文做出了回答。1859年，达尔文的历史巨著《物种起源》发表之后，自然进化的世界观统治学术界达一个多世纪之久。到了 20 世纪 70年代～80 年代，进化论(从老达尔文进化论到新达尔文主义进化论)经历了一百多年的发展演变，其两大理论支柱(突变与自然选择)虽然对种内微进化能提供较好的解释，但对生命的起源和物种的变化不能提供良好的描述，尽管新达尔文主义一直对外声称他们能解释一切要解释的。随之学术界出现了不少对达尔文进化论的疑问，很多有名望的科学家提出了不少新理论。于是，生命起源的疑问再次成为人们争论的热点。

美国生化学家比希(Behe)1996 年震撼性的新书《达尔文的黑箱》(Darwin’s BlackBox)，引发了不少注意和争论。比希对达尔文进化论全面质疑，主张从科学上可以提出生物结构是来自智慧的设计。比希指出，生命的细节非常复杂，很难恰当地放在达尔

文的理论中。达尔文主张,一种渐进的程序可一步一步地造成生物体的大转变,但他并无交代形成复杂结构的详细程序:“虽然现今对突变已有很多了解,但相对于进化来说,仍是一黑箱。”

动物学家道金斯的《盲眼钟表匠》(The Blind WatchMaker)一书,以保卫达尔文主义而名噪一时。他在书中曾讨论达尔文主义颇难处理的问题。道金斯之理论虽被一些科学家评为宗教性(无神的宗教)多于科学性,却广受一般不太懂科学的群众欢迎,成为一家之言。

眼睛是非常复杂的结构;如何能一步步进化出来呢?道金斯认为这渐进的过程,每一步骤的机率是一半对一半。单细胞生物有一个感光点,在多细胞生物中,这些感光细胞被放在一个小杯型组织之中,能转动而找寻光源,就像一个没有透镜的照相机。此后如有一些半透明凸体在此小杯的洞中,就会产生改进,而形成类似眼睛之晶状体,再后一步步地改进,即可进化成真正的晶状体。

作者笔法生动又不失逻辑性,严谨但不乏味,可以说是不可多得的科普读物。本书的最大价值在于它能够启发人们的思考,同时为人们提供了可供借鉴的思维方法。19世纪的英国数学家克里福德(1845～1879)说过一段被多人奉为圭臬的话:“任何人在任何时代、地方,如果相信任何没有充分证

据的东西,就是错误的。’要求证据应当是合理的，我们不应轻率相信。

在探求的过程中，读者一定会发现无穷的乐趣。

译者　王德伦

2005 年 3 月

序 言

这本书是建立在这样一个信念的基础之上的 我们自身的存在曾经是一个最难解的谜团。不过,现在这个谜团已经不复存在,因为达尔文和华莱士已破解了它——尽管我们还要继续为他们的解答添加注脚。我撰写这本书的原由在于,我诧异于竟然有这么多的人似乎不仅没有意识到这个解答的精致和优美,令我更加难以置信的是,许多人甚至根本没有意识到这样一个问题的存在!

这个问题是相当复杂的。我用来撰写这些文字的电脑拥有 64K 字节(一个字节可以存储一个字母)的信息储存能力。电脑是人们有意识设计和制造出来的。你用来理解我的语言的大脑是由上百亿个神经细胞组成的。许多神经细胞都通过上千条'电线'与其他的神经细胞联结在一起。而且,从基因层面来看,人体中一万多亿个细胞中的每一个所储存的精确编码的数字信息是我的电脑所储存信息的一千倍。活体组织的复杂性可以与它们的精致外观设计相媲美。如果有人并不认为我们要对这种复杂的设

计进行解释的话,我只好放弃。不过,转念一想,我不愿放弃,因为我撰写这本书的目标之一,就是让那些没有认识到生物复杂性奇观的人大开眼界。我的另外一个主要目标就是在展现这个谜团之后，通过对其解答的说明来解开这个谜团。

解释是一项艰难的艺术。你可以通过解释,让读者理解你的语言 也可以通过解释,让读者心领神会。要达到第二种境界,仅仅依靠把证据客观地摆在读者面前是不够的。你必须成为一名倡导者,并使用倡导者的技巧。这本书不是一本不带感情色彩的科学论文。许多其他关于进化论的书籍都是非常优秀、富有教益的,值得与本书结合阅读。我不得不承认,这本书不仅远非毫无感情色彩,而且在某些部分充满了激情，这如果出现在专业科学杂志中,必定会招致批评。本书的目的不仅在于传播知识,而且在于说服、甚至是启示。我希望启示读者:从表面上来看,我们自身的存在是一个令人毛骨悚然的谜团,同时传递一个令人激动的事实 这个谜团有一个优美的解答，它完全处于我们的掌握之中。而且,我希望说服读者相信,进化论的世界观的真实性绝非偶然,它是惟一能够解答我们存在之谜的已知理论。这使它成为一个令人倍加满意的理论。进化论不仅在地球上是正确的,而且在宇宙中任何存在生命的地方都适用。

但是另一方面,我又希望自己能够与职业倡导者区

别开来。一名律师或者一名政客可以为了钱代表客户慷慨陈辞,或者鼓吹他自己可能都不信仰的事业。我从来都没有做过这样的事情,将来也不会这样做。我可能也会犯错误，但是我只为真理而狂热,我从来不会鼓吹我自己都不相信的东西。我还记得曾经到一所大学的辩论协会与神造论者进行辩论的经历,这次经历给了我非常大的震动。在辩论之后的晚宴上，我与一位年轻的女士相邻而坐，她曾经在辩论中发表了支持神造论的比较有力的辩词,但是她明显并不是一位神造论者。于是,我请她如实地告诉我为什么要那样做。她很坦率地承认她只不过是为了练习自己的辩论技巧,而且认为支持一个连自己都不相信的立场更加富有挑战性。很明显,在大学的辩论协会中,指定辩论者站在哪一方的立场上进行辩论是很常见的做法,其中并不涉及自身的信仰。我并不乐于发表公开演说，但是我之所以不辞路途遥远地来完成这个任务,是因为我相信我要倡导的确属真理。当我发现辩论协会的成员只不过把它当作辩论游戏的载体的时候,我决定以后不再接受那些鼓励虚伪支持、危及科学真理的辩论协会的邀请。

出于某些我自己也不明就里的原因,我认为进化论比其他科学分支中的类似真理更加需要倡导。我们中的许多人都不了解量子理论、或者爱因斯坦的狭义和广义相对论,但是这并没有导致我们反对这些理论 与爱因斯坦的理论不同的是,进化论对于

何种程度无知的批评者来说似乎都是平等的游戏。我认为,正如雅克·莫诺[1]富有洞察力地评论的那样,进化论遇到的麻烦之一在于,每个人都自以为理解它。它确实是一个相当简单的理论,所以,人们会以为与几乎所有的物理学和数学理论相比,它简直就是小儿科。它的本质不过是说,存在遗传变异的非随机繁殖,只要有足够的积累时间,就会产生深远的影响。但是,我们有充分的理由相信,这种貌似简单性实际是一种错觉。千万不要忘记,这种理论尽管看起来简单,但是直到19世纪中期才由达尔文和华莱士发现,而这是在牛顿发表《基本原理》将近200年、在埃拉托色尼斯[2]度量地球两千多年之后。为什么这样一个简单的思想在如此长的时间内,没有被牛顿、伽利略、笛卡尔、莱布尼茨、休谟、以及亚里士多德这些富有才具的思想家发现呢?它为什么偏偏要等待由两位维多利亚时代的博物学家揭开面纱呢?那些哲学家和数学家们究竟出了什么问题,以至于忽略了它的存在呢?为什么这样一种有力的思想至今依然没有融入常人的意识之中呢?

似乎人的大脑是专门设计用来误解进化论、拒绝接

① 雅克·莫诺,法国生物化学家,曾获1965年诺贝尔生理学一医学奖。

② 埃拉托色尼斯,古希腊数学家、天文学家、地理学家。他设计了一种世界地图并推测了地球的周长及地球到月球和太阳的距离。

受进化论的。比如说"偶然性"的问题往往会被歪曲成为盲目的偶然性。大多数攻击进化论的人都会迫不及待地、贸然地错误断定除了随机偶然性，进化论别无所有。既然生命的复杂性包含着偶然性的对立面，如果你认为进化论等价于偶然性的话，那么你会明显地发现，驳倒进化论是一件轻而易举的事情。我的任务之一，就是摧毁这种认为进化论是一种"偶然性"理论的轻率观点。使得人们倾向于置疑进化论的另外一个原因，在于我们的大脑习惯于处理的时间量程与进化过程中典型的时间量程有着天壤之别。我们习惯于理解需要数秒钟、数分钟、数年，或者至多数十年完成的过程。而进化论是一个关于缓慢积累的过程的理论，这些过程需要上万年、甚至上千万年才能够完成。我们所有的直觉判断在被放大许多个数量级之后都变成了谬误。我们精心调整的充满怀疑论和主观概率论的器官①失去了效力，因为它被调整为——具有讽刺意味的是，它是由进化本身加以调整的——在几十年的生命过程中发挥作用。它需要想像力来帮助它冲破熟悉的时间量程的羁绊，而我正希望努力协助读者发挥他们的想像力。

我们的大脑自然抵制进化论的第三个原因根源于我们作为创造性的设计者所取得的巨大成功。我们的世界充满了工程和艺术的丰功伟绩。我们已

①指人的大脑——译者注。

经完全习惯地认为,复杂而精美的事物必然是深思熟虑的、精心设计的结果。这可能是绝大多数人信奉存在某种超自然的神明的最重要的原因。达尔文和华莱士利用巨大的想像力发现了一条与所有的直觉截然相反的道路,解释了原始的简单性如何衍生出复杂的"设计",而一旦你理解了它,就会发现它是一条更为可信的道路。这其中想像力的跨越是如此的巨大,以至于时至今日似乎有许多人依然不愿意迈出这一步。这本书的主要目的就是帮助读者进行这种跨越。

作者自然会希望自己的著作产生长远的影响,而非昙花一现。但是,任何倡导者除了要倡导永恒不变的真理之外,还必须对同时代的反对观点做出回应。风险在于,无论这些争论在今天看来是如何的白热化,它们在几十年之后都会显得陈旧过时。但是,人们往往会注意到这样一个矛盾现象:《物种起源》的第一版比第六版更加具有说服力。这是因为达尔文认为有必要在后来的版本中对那些对第一版的批评做出回应,这些批评在今天看来是如此地落伍,以至于对它们的回应不仅显得画蛇添足,甚至有误导之嫌疑。尽管如此,出于对批评者以及可能会被迷惑的读者的礼貌,我不能沉迷于对那些只会昙花一现的批评观点置之不理的诱惑。虽然我对本书中的哪些章节最终会成为过眼云烟有自己的看法,但是我相信读者——以及时间——会做出判断。

我非常忧虑地发现,一些女性朋友(幸好为数不多)认为使用阳性无人称代词的意图在于把女性排除在外。如果确实发生排除情况的话（令我高兴的是,并没有出现),我想我会很快也把男性排除在外。当我试探性地把我的抽象读者称为‘ 她 ’的时候,一位女权主义者却谴责我故作姿态、让人领情,我应当说‘ 他或者她 ”,以及‘ 他的或者她的 ”。如果您对语言毫不在意的话，这非常容易办到。不过,如果您不在乎语言的话,您根本不配做读者,无论您是何种性别。在此,我恢复了英语代词的正常传统。我把读者称为‘ 他 ”,但是我并不认为我的读者只是男性,正如一位讲法语的人不会把桌子当作女性一样。事实上,我认为我经常把我的读者当作女性,但那不过是我的个人事务,我并不认为这取决于我如何使用我的母语。

同样的,我要表达感激的原因也是个人化的,希望我未能公平对待的人能够理解。我的出版商认为没有理由对我隐瞒他们的审查员身份（他们不是“ 评论家 ”——请恕我对未届不惑之年的许多评论家不敬，那些真正的评论家只有在书籍出版之后、作者已经无可作为的情况下才对书籍做出批评），我从约翰 • 克莱布斯(再一次)、约翰 • 杜兰特、格拉汉姆 • 卡恩斯 • 史密斯、杰佛瑞 • 莱文顿、麦克尔 • 卢斯、安托尼 • 哈勒姆、以及戴维 • 派的建议中获益匪浅。理查德 • 格里高利对第十二章提出了善意的批评,最终的版本也因完全删除了这一章

而有所增益。马克 • 雷德利以及艾伦 • 格拉芬虽然已经不再是我的正式学生，但是却与比尔 • 汉密尔顿一道,成为与我讨论进化论、并使我每天都有所获益的团体的指路明灯。帕米拉 • 维尔斯、彼得 • 阿特金斯、约翰 • 道金斯对我的多个章节都提出了有益的批评。莎拉 • 巴尼使得本书增色不少。约翰 • 格瑞宾纠正了一个重大错误。艾伦 • 格拉芬和阿特金森对一些计算问题提出了建议。动物学系的苹果麦金托什机联合会也友好地让我借用激光打印机来描绘生物形态。

现在就职于朗曼公司的麦克尔 • 罗杰斯的不懈活力使我再次获益。他和诺顿公司的玛丽 • 卡内恩一起在必要的时候巧妙地运用油门(以鼓舞我的士气)和刹车(激发我的幽默感)。本书的部分内容是在动物学系和新学院善意给予的假期中完成的。最后，我本来应当在我的前两本书中就表示谢意的,是牛津大学的导师制以及我的许多动物学的学生,他们多年以来一直帮助我在艰难的解释艺术中实践我可能拥有的少数技巧。

理查德 • 道金斯

1986 年于牛津